

60Vデュアル出力 デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えた 昇圧コントローラ

特長

- PMBus/I²C 準拠のシリアル・インターフェース
 - 入出力の電圧/電流、温度、障害などの遠隔測定の読出し
 - プログラム可能な電圧、電流制限、デジタル・ソフトウェアスタート/ストップ、シーケンス制御、マージン制御、OV/UV/OC、周波数、および制御ループ補償
- 全温度範囲での出力誤差: ±0.5% 未満
- 16ビット ADC および 12ビット DAC 内蔵
- ECC 機能と障害ログ機能を備えた EEPROM 内蔵
- Nチャンネル MOSFET ゲート・ドライバ内蔵

電力変換

- 広い入力電圧範囲: 5V~40V
- 起動後、最低 2.5V で動作
- V_{OUT0}、V_{OUT1} の範囲: 最大 60V
- アナログ電流モード制御
- 最大 6相 (50kHz~500kHz) に及ぶ高精度 PolyPhase[®] 電流分担
- 52ピン (7mm×8mm) QFN パッケージで供給

アプリケーション

- 自動車の常時オン・システムおよび始動/停止システム
- 産業用機器アプリケーションやポイント・オブ・ロード・アプリケーション

概要

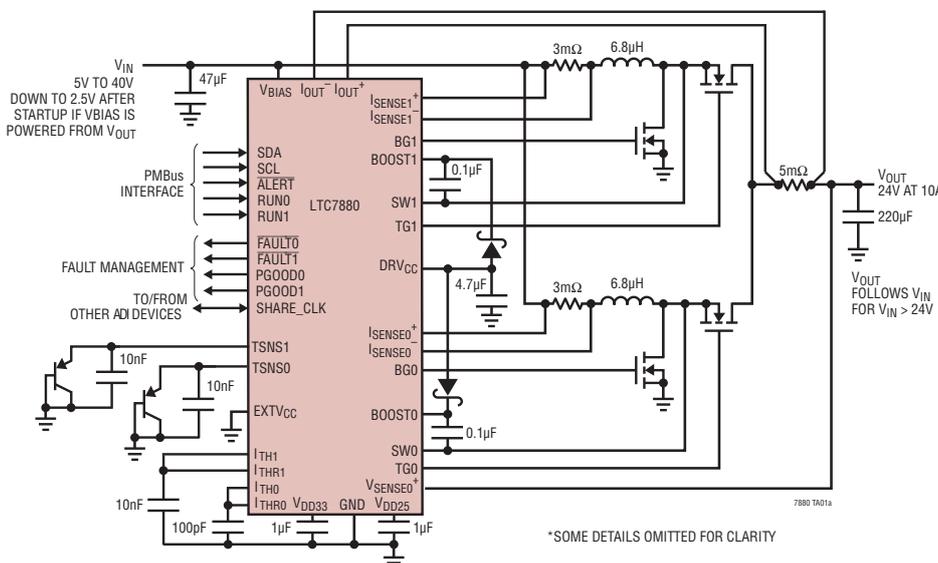
LTC[®]7880は、I²C ベースの PMBus 準拠のシリアル・インターフェースを備えたデュアル PolyPhase[®] DC/DC 同期整流式昇圧スイッチング・レギュレータ・コントローラです。このコントローラは固定周波数の電流モード・アーキテクチャを採用しており、高電圧の入力および出力に対応しているのに加えて、ループ補償をプログラムできます。LTC7880は、グラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) を備えたソフトウェア開発ツール LTpowerPlay[™] によってサポートされています。

スイッチング周波数、出力電圧、およびデバイス・アドレスは、デジタル・インターフェースだけでなく、外付けの設定抵抗によってもプログラムできます。パラメータはデジタル・インターフェースを介して設定することも、EEPROM に格納することもできます。効率を最大限に高めるために、LTC7880 のゲート駆動は 6.3V~9V に設定できます。両出力のパワーグッド・インジケータおよび FAULT 機能は独立しています。

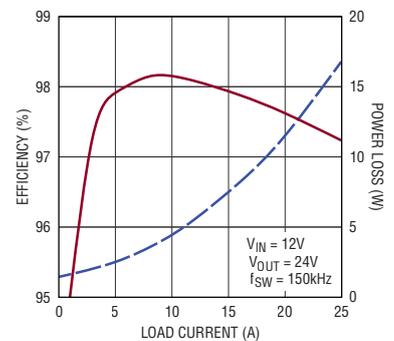
LTC7880は、不連続 (パルススキップ) モードまたは連続インダクタ電流モードに合わせて設定できます。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。5481178、5705919、5929620、6100678、6144194、6177787、5408150、6580258、6304066、7420359、8786268を含む米国特許、出願中の特許によって保護されています。米国特許 7000125 およびその他の関連特許の使用許可を世界中で受けています。

標準的応用例



効率および電力損失と
負荷電流



目次

特長	1	デバイスのアドレス指定	26
アプリケーション	1	V _{OUT} 障害に対する応答	27
標準的応用例	1	出力過電圧障害の応答	27
概要	1	出力低電圧の応答	27
目次	2	ピーク入力過電流の応答	28
絶対最大定格	4	タイミング障害に対する応答	28
発注情報	4	V _{IN} の 0V 障害に対する応答	28
ピン配置	4	OT/UT 障害に対する応答	28
電気的特性	5	内部過熱障害/警告の応答	28
代表的な性能特性	10	外部過熱障害および低温障害の応答	29
ピン機能	13	外部障害に対する反応	29
ブロック図	15	障害ログ	29
動作	16	バスのタイムアウト保護	29
概要	16	PMBus、SMBus、および I ² C 2 線インターフェースの類似点	30
メイン制御ループ	17	PMBus シリアル・デジタル・インターフェース	30
EEPROM	17	PMBus コマンドの概要	35
CRC 保護	17	PMBus コマンド	35
電源の投入と初期化	18	アプリケーション情報	40
ソフトスタート	18	電流制限のプログラミング	40
イベントベースのシーケンス制御	19	I _{SENSE} ⁺ ピンと I _{SENSE} ⁻ ピン	40
シャットダウン	19	値の小さな抵抗による電流検出	41
軽負荷電流動作	20	インダクタの DCR による電流検出	42
V _{IN} が V _{OUT} より高い場合の動作	20	スロープ補償とインダクタのピーク電流	43
昇圧リフレッシュと内部チャージ・ポンプ	20	インダクタ値の計算	43
SENSE ピンの低コモンモード電圧での動作	20	インダクタのコアの選択	44
PWM ループ補償	20	パワー MOSFET とオプションのショットキー・ダイオードの選択	44
スイッチング周波数と位相	21	C _{IN} と C _{OUT} の選択	45
出力電圧の検出	21	可変遅延時間、ソフトスタート、および出力電圧の上昇	45
出力電流の検出	21	デジタル・サーボ・モード	46
入力電流の検出	21	ソフトオフ(シーケンス制御によるオフ)	47
PolyPhase による負荷分担	21	DRV _{CC} レギュレータ	48
外部温度/内部温度の検出	22	上側 MOSFET ドライバの電源 (C _B 、D _B)	48
RCONFIG (抵抗設定) ピン	22	低電圧ロックアウト	49
障害の処理	23	障害インジケータ	49
ステータス・レジスタと ALERT のマスキング	24	オープンドレイン・ピン	49
FAULT ピンへの障害情報のマッピング	26	フェーズ・ロック・ループと周波数同期	50
パワーグッド・ピン	26		
シリアル・インターフェース	26		
通信保護	26		

目次

最小オン時間に関する検討事項.....	51	入力電流とリミット	81
外部温度の検出.....	51	温度	82
EEPROMデータ保持期間の温度での		外部温度キャリブレーション	82
ディレーティング	52	外部温度リミット	82
出力電流検出アンプ.....	52	タイミング.....	83
外付け抵抗設定ピン(RCONFIG)	53	タイミングーオン・シーケンス/ランプ.....	83
電圧の選択.....	53	タイミング-オフ・シーケンス/ランプ	84
周波数の選択	53	再起動の前提条件	85
位相の選択.....	54	障害応答.....	86
RCONFIGを使用したアドレスの選択	54	全障害に対する障害応答.....	86
効率に関する検討事項.....	55	入力電圧に対する障害応答.....	86
プログラム可能なループ補償	56	出力電圧に対する障害応答.....	87
過渡応答のチェック	56	IC温度に対する障害応答	89
PolyPhase 構成.....	57	外部温度に対する障害応答	90
プリント回路基板レイアウトのチェックリスト.....	57	障害信号の共有	92
プリント回路基板レイアウトのデバッグ	60	障害信号の共有と伝搬.....	92
設計例.....	61	障害共有信号の応答.....	93
その他の設計チェック.....	62	スクラッチパッド	94
USB-I ² C/SMBus/PMBus 間アダプタからシステム内の		識別情報.....	94
LTC7880 への接続.....	63	障害および警告のステータス.....	96
LTpowerPlay: デジタル電源用のインタラクティブ GUI	64	遠隔測定.....	103
PMBus 通信とコマンド処理	65	EEPROM メモリ・コマンド	106
PMBus コマンドの詳細	67	STORE/RESTORE	106
アドレス指定と書き込み保護.....	67	障害ログ	107
汎用設定コマンド	69	障害ログの動作	107
オン/オフ/マージン	70	ブロック・メモリの書き込み/読出し.....	112
PWM 設定.....	72	標準的応用例.....	113
電圧	76	パッケージ	115
入力電圧とリミット.....	76	標準的応用例.....	116
出力電圧とリミット.....	77	関連製品	116
電流とリミット.....	80		

LTC7880

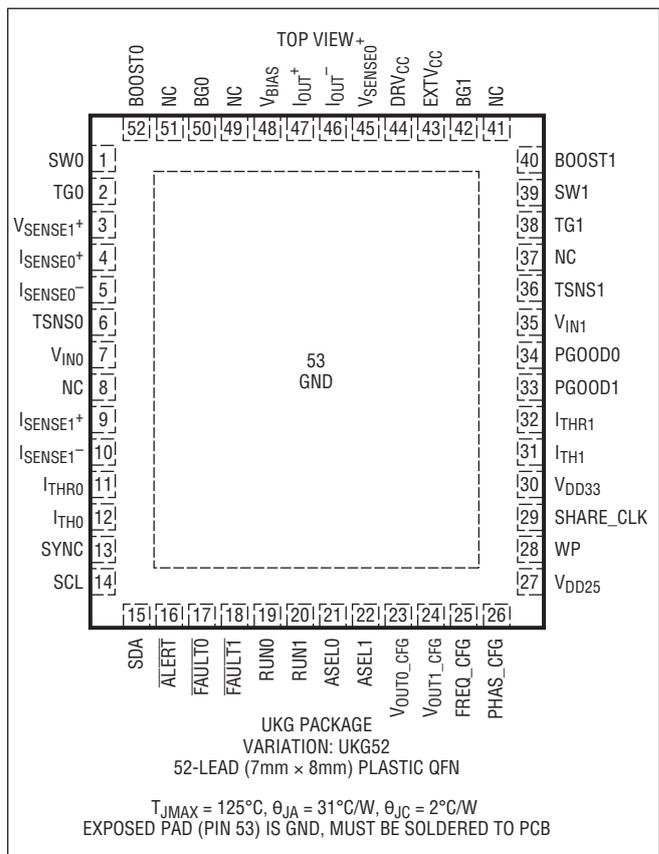
絶対最大定格

(Note 1)

V_{BIAS} , I_{OUT}^+ , I_{OUT}^- , V_{SENSE0}^+ , V_{SENSE1}^+	-0.3V~65V
上側ゲートのトランジエント電圧 (TGO, TG1) ...	-0.3V~74.8V
BOOST0, BOOST1	-0.3V~76V
スイッチのトランジエント電圧 (SW0, SW1)	-5V~65V
DRV_{CC} , BG0, BG1, (BOOST0 – SW0), (BOOST1 – SW1)	-0.3V~9.8V
V_{IN0} , V_{IN1} , I_{SENSE0}^+ , I_{SENSE1}^+ , I_{SENSE0}^- , I_{SENSE1}^-	-0.3V~42V
$EXTV_{CC}$	-0.3V~15V
RUN, SDA, SCL, \overline{ALERT}	-0.3V~5.5V
$ASEL_n$, V_{OUTn_CFG} , $FREQ_CFG$, $PHAS_CFG$, V_{DD25}	-0.3V~2.75V
$(V_{SENSE0}^+ - I_{OUT}^+)$, $(V_{SENSE0}^+ - I_{OUT}^-)$, $(V_{IN0} - I_{SENSE0}^+)$, $(V_{IN0} - I_{SENSE0}^-)$, $(V_{IN1}^+ - I_{SENSE1}^+)$, $(V_{IN1}^+ - I_{SENSE1}^-)$	-0.3V~0.3V
PGOOD0, PGOOD1, \overline{FAULT} , SHARE_CLK, I_{TH0} , I_{TH1} , I_{THRO} , I_{THR1} , V_{DD33} , WP, TSNS0, TSNS1, SYNC	-0.3V~3.6V
$(EXTV_{CC} - V_{BIAS})$	13.2V
DRV_{CC} のピーク出力電流	100mA
動作ジャンクション温度範囲 (Note 2)	-40°C~125°C*
保存温度範囲	-65°C~150°C*

* ジャンクション温度が125°Cを超える場合は、アプリケーション情報のセクションのEEPROMデータ保持期間の温度でのデレレーティングを参照してください。

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕上げ	テープ&リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC7880EUKG#PBF	LTC7880EUKG#TRPBF	LTC7880UKG	52-Lead (7mm×8mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LTC7880IUKG#PBF	LTC7880IUKG#TRPBF	LTC7880UKG	52-Lead (7mm×8mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C

更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。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

テープ&リールの仕様を参照してください。一部のパッケージは、#TRMPBF 接尾部の付いた指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

電气的特性

●は規定動作ジャンクション温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0} = 1.8\text{V}$ 、 $V_{RUN1} = 1.8\text{V}$ 、 $f_{SYNC} = 250\text{kHz}$ (外部駆動)、プログラム可能な全てのパラメータは出荷時のデフォルト値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
電源電圧							
V_{BIAS}	Bias Voltage Range	(Note 12)	●	5	60	V	
V_{IN}	Input Voltage Range	(Note 12)	●	2.5	40	V	
I_Q	V_{BIAS} Voltage Supply Current Normal Operation	(Note 14) $V_{RUN} = 3.3\text{V}$, No Caps on TG and BG $V_{RUN} = 0\text{V}$		26 22		mA mA	
V_{UVLO}	Undervoltage Lockout Threshold When $V_{BIAS} > 4.2\text{V}$	V_{DRVCC} Falling V_{DRVCC} Rising		3.7 3.95		V V	
T_{INIT}	Initialization Time	Delay from RESTORE_USER_ALL, MFR_REST, or $V_{DRVCC} > V_{UVLO}$ Until TON_DELAY Can Begin		35		ms	
制御ループ							
V_{OUTR0}	Range 0 Maximum V_{OUT} Range 0 Set Point Accuracy Range 0 Resolution Range 0 LSB Step Size, FSR = 63.2V	$12\text{V} \leq V_{OUT} \leq 58\text{V}$ (Note 10)	●	-0.5 12 15.2	60 0.5	V % Bits mV	
V_{OUTR1}	Range 1 Maximum V_{OUT} Range 1 Set Point Accuracy Range 1 Resolution Range 1 LSB Step Size, FSR = 31.6V	$(6\text{V} \leq V_{OUT} \leq 28\text{V})$	●	-0.5 12 7.6	30 0.5	V % Bits mV	
$V_{LINEREG}$	Line Regulation	$16\text{V} < V_{IN0}, V_{IN1} < 40\text{V}$	●		± 0.05	%/V	
$V_{LOADREG}$	Load Regulation	$\Delta V_{ITH} = 1.35\text{V} - 0.7\text{V}$ $\Delta V_{ITH} = 1.35\text{V} - 2.0\text{V}$	● ●	0.01 -0.01	0.1 -0.1	% %	
$g_{m0,1}$	Resolution			3		bits	
	Error Amplifier $g_{m(\text{MAX})}$	$I_{TH} = 1.35\text{V}$		5.76		mmho	
	Error Amplifier $g_{m(\text{MIN})}$	$I_{TH} = 1.35\text{V}$		1.00		mmho	
	Error Amplifier g_m LSB Step Size	$I_{TH} = 1.35\text{V}$		0.68		mmho	
$R_{ITHR0,1}$	Resolution			5		bits	
	Compensation Resistor $R_{ITHR(\text{MAX})}$			62		k Ω	
	Compensation Resistor $R_{ITHR(\text{MIN})}$			0		k Ω	
I_{SENSE}	ISENSE Current	$V_{ISENSE} = 40\text{V}$	●	± 1	± 2	μA	
$V_{I(\text{LIMIT})}$	Resolution			3		bits	
	$V_{LIM(\text{MAX})}$	Hi Range Lo Range	● ●	68 44	75 50	82 56	mV mV
	$V_{LIM(\text{MIN})}$	Hi Range Lo Range			37.5 25	mV mV	
ゲート・ドライバ (DRVSET = 2)							
TG	TG Transition Time:	(Note 4)					
t_r	Rise Time	$C_{LOAD} = 3300\text{pF}$		30		ns	
t_f	Fall Time	$C_{LOAD} = 3300\text{pF}$		30		ns	
BG	BG Transition Time:	(Note 4)					
t_r	Rise Time	$C_{LOAD} = 3300\text{pF}$		20		ns	
t_f	Fall Time	$C_{LOAD} = 3300\text{pF}$		20		ns	
TG/BG t_{1D}	Top Gate Off to Bottom Gate On Delay Time	(Note 4) $C_{LOAD} = 3300\text{pF}$		50		ns	
BG/TG t_{2D}	Bottom Gate Off to Top Gate On Delay Time	(Note 4) $C_{LOAD} = 3300\text{pF}$		50		ns	
DC_{MAX}	Maximum Duty Cycle			92		%	

電気的特性 ●は規定動作ジャンクション温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。
 特に指定のない限り、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0} = 1.8\text{V}$ 、 $V_{RUN1} = 1.8\text{V}$ 、 $f_{SYNC} = 250\text{kHz}$ (外部駆動)、
 プログラム可能な全てのパラメータは出荷時のデフォルト値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
チャージ・ポンプ						
I_{BOOST}	Max Charge Pump Output Current	$V_{BOOST} = 16.5\text{V}$, $V_{SW} = 12\text{V}$, $f_{SYNC} = 250\text{kHz}$ $V_{BOOST} = 19\text{V}$, $V_{SW} = 12\text{V}$, $f_{SYNC} = 250\text{kHz}$		75 35		μA μA
OV/UV 出力電圧監視回路						
N	Resolution			9		Bits
V_{RANGE0}	Range 0 Maximum Threshold			60		V
V_{RANGE1}	Range 1 Maximum Threshold			30		V
V_{OUSTP0}	Range 0 Step Size, FSR = 63.078V	(Note 10)		123.2		mV
V_{OUSTP1}	Range 1 Step Size, FSR = 31.539V			61.6		mV
V_{THACC0}	Range 0 Threshold Accuracy	$10\text{V} < V_{OUT} < 60\text{V}$	●		± 2.5	%
V_{THACC1}	Range 1 Threshold Accuracy	$5\text{V} < V_{OUT} < 30\text{V}$	●		± 2.5	%
$t_{PROPOV1}$	OV Comparator to FAULT Low Time	$V_{OD} = 10\%$ of Threshold			35	μs
$t_{PROPUV1}$	UV Comparator to FAULT Low Time	$V_{OD} = 10\%$ of Threshold			35	μs
V_{IN1} 電圧監視回路						
N	Resolution			9		Bits
$V_{IN(RANGE)}$	Maximum Threshold	(Note 11)		21.8		V
$V_{IN(STP)}$	Step Size			42.6		mV
$V_{IN(THACCH)}$	Threshold Accuracy $6\text{V} < V_{IN1} < 20\text{V}$		●		± 3	%
$t_{PROP(VIN)}$	Comparator Response Time (V_{IN_ON} and V_{IN_OFF})	$V_{OD} = 10\%$ of Threshold			100	μs
出力電圧の読出し						
N	Resolution LSB Step Size			16 977		Bits μV
$V_{F/S}$	Full-Scale Sense Voltage	(Note 10) $V_{RUN} = 0\text{V}$ (Note 8)		67.6		V
V_{OUT_TUE}	Total Unadjusted Error	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $8\text{V} < V_{OUT} < 58\text{V}$ (Note 8)	●	0.2	± 0.5	% %
V_{OS}	Zero-Code Offset Voltage		●		± 3	mV
$t_{CONVERT}$	Conversion Time	(Note 6)		90		ms
V_{IN1} 電圧の読出し						
N	Resolution	(Note 5)		10		Bits
$V_{F/S}$	Full-Scale Input Voltage	(Note 11)		45		V
V_{IN_TUE}	Total Unadjusted Error	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $6\text{V} < V_{IN1} < 40\text{V}$	●		0.5 2	% %
$t_{CONVERT}$	Conversion Time	(Note 6)		100		ms
入力電流の読出し						
N	Resolution LSB Step Size	(Note 5) $0\text{V} \leq V_{ISENSE}^+ - V_{ISENSE}^- < 16\text{mV}$ $16\text{mV} \leq V_{ISENSE}^+ - V_{ISENSE}^- < 32\text{mV}$ $32\text{mV} \leq V_{ISENSE}^+ - V_{ISENSE}^- < 64\text{mV}$ $64\text{mV} \leq V_{ISENSE}^+ - V_{ISENSE}^- < 100\text{mV}$		10 15.26 30.52 61 122		Bits μV μV μV μV
$I_{F/S}$	Full-Scale Output Current	(Note 7) $R_{ISENSE} = 1\text{m}\Omega$		± 100		A
I_{IN_TUE}	Total Unadjusted Error	(Note 8) $10\text{mV} \leq V_{ISENSE} \leq 100\text{mV}$	●		± 1.5	%
V_{OS}	Zero-Code Offset Voltage				± 32	μV
$t_{CONVERT}$	Conversion Time	(Note 6)		90		ms

電気的特性

●は規定動作ジャンクション温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0} = 1.8\text{V}$ 、 $V_{RUN1} = 1.8\text{V}$ 、 $f_{SYNC} = 250\text{kHz}$ (外部駆動)、プログラム可能な全てのパラメータは出荷時のデフォルト値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
出力電流の読出し							
N	Resolution	(Note 5)		10		Bits	
	LSB Step Size, Full-Scale Range = 16mV	8x Gain, $0\text{V} \leq I_{OUT^+} - I_{OUT^-} \leq 5\text{mV}$		15.26		μV	
	LSB Step Size, Full-Scale Range = 32mV	4x Gain, $0\text{V} \leq I_{OUT^+} - I_{OUT^-} \leq 20\text{mV}$		30.52		μV	
	LSB Step Size, Full-Scale Range = 64mV	2x Gain, $0\text{V} \leq I_{OUT^+} - I_{OUT^-} \leq 50\text{mV}$		61		μV	
I_{OUT_TUE}	Total Unadjusted Error (Note 8)	8x Gain, $2.5\text{mV} \leq I_{OUT^+} - I_{OUT^-} \leq 5\text{mV}$ 4x Gain, $4\text{mV} \leq I_{OUT^+} - I_{OUT^-} \leq 20\text{mV}$ 2x Gain, $6\text{mV} \leq I_{OUT^+} - I_{OUT^-} \leq 50\text{mV}$	● ● ●		± 2.3 ± 2.0 ± 1.9	% % %	
V_{OS}	Zero-Code Offset Voltage				± 50	μV	
$t_{CONVERT}$	Conversion Time	(Note 6)		90		ms	
温度の読出し (T0, T1)							
T_{RES_T}	Resolution			0.25		$^\circ\text{C}$	
$T0_TUE$	External TSNS TUE (Note 8)					$^\circ\text{C}$	
	MFR_PWM_MODE_LTC7880[5] = 0 MFR_PWM_MODE_LTC7880[5] = 1	$\Delta V_{TSNS} = 72\text{mV}$ (Note 17) $V_{TSNS} \leq 1.85\text{mV}$ (Note 17)	● ●		± 3 ± 7	$^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$	
$T1_TUE$	Internal TSNS TUE	$V_{RUN} = 0.0\text{V}$, $f_{SYNC} = 0\text{kHz}$ (Note 8)			± 1	$^\circ\text{C}$	
$t_{CONVERT_T}$	Update Rate	(Note 6)		90		ms	
DRV_{CC} レギュレータ							
V_{DRVCC_VBIAS}	DRV _{CC} Voltage No Load	$8\text{V} < V_{BIAS} < 60\text{V}$, $DRVSET = 0$		6.1	6.3	6.5	V
		$11\text{V} < V_{BIAS} < 60\text{V}$, $DRVSET = 2$		8.6	9	9.4	V
V_{LDO_VBIAS}	DRV _{CC} Load Regulation	$I_{CC} = 0\text{mA}$ to 50mA, $EXTV_{CC} = 0$, $DRVSET = 2$		0.5	± 2	%	
V_{DRVCC_EXT}	DRV _{CC} Voltage No Load	$7\text{V} < EXTV_{CC} < 14\text{V}$, $DRVSET = 0$		6.1	6.3	6.5	V
		$11\text{V} < EXTV_{CC} < 14\text{V}$, $DRVSET = 2$		8.6	9	9.4	V
V_{LDO_EXT}	DRV _{CC} Load Regulation	$I_{CC} = 0\text{mA}$ to 50mA, $EXTV_{CC} = 12\text{V}$, $DRVSET = 2$		0.5	± 2	%	
V_{EXT_THRES}	EXTV _{CC} Switchover Voltage	EXTV _{CC} Ramping Positive, $DRVSET = 0$	●	5.0	5.3	5.6	V
		EXTV _{CC} Ramping Positive, $DRVSET = 1, 2$	●	7.4	7.7	8.0	V
V_{EXT_HYS}	EXTV _{CC} Hysteresis Voltage			80		mV	
V_{DD33} レギュレータ							
V_{DD33}	Internal V _{DD33} Voltage	$5.0\text{V} < V_{DRVCC}$		3.2	3.3	3.4	V
I_{LIM}	V _{DD33} Current Limit	$V_{DD33} = \text{GND}$, $V_{IN} = \text{DRVCC} = 5.0\text{V}$		100		mA	
V_{DD33_OV}	V _{DD33} Overvoltage Threshold			3.5		V	
V_{DD33_UV}	V _{DD33} Undervoltage Threshold			3.1		V	
V_{DD25} レギュレータ							
V_{DD25}	Internal V _{DD25} Voltage			2.5		V	
I_{LIM}	V _{DD25} Current Limit	$V_{DD25} = \text{GND}$, $V_{IN} = \text{DRVCC} = 5.0\text{V}$		80		mA	
発振器とフェーズ・ロック・ループ (PLL)							
f_{OSC}	Oscillator Frequency Accuracy	$50\text{kHz} < f_{SYNC} < 500\text{kHz}$ Measured Falling Edge-to-Falling Edge of SYNC with FREQUENCY_SWITCH = 100.0 and 500.0	●		± 10	%	
$V_{TH(SYNC)}$	SYNC Input Threshold	V_{CLKIN} Falling		1		V	
		V_{CLKIN} Rising		1.5		V	
$V_{OL(SYNC)}$	SYNC Low Output Voltage	$I_{LOAD} = 3\text{mA}$	●	0.2	0.4	V	
$I_{LEAK(SYNC)}$	SYNC Leakage Current in Slave Mode	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$			± 5	μA	
$\theta_{SYNC-00}$	SYNC to Channel 0 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of TGO	MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 0,2,3		0		Deg	
		MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 5		60		Deg	
		MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 1		90		Deg	
		MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 4,6		120		Deg	

電気的特性

●は規定動作ジャンクション温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0} = 1.8\text{V}$ 、 $V_{RUN1} = 1.8\text{V}$ 、 $f_{SYNC} = 250\text{kHz}$ (外部駆動)、プログラム可能な全てのパラメータは出荷時のデフォルト値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$\theta_{SYNC-01}$	SYNC to Channel 1 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of TG1	MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 3		120		Deg
		MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 0		180		Deg
		MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 2,4,5		240		Deg
		MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 1		270		Deg
		MFR_PWM_CONFIG_LTC7880[2:0] = 6		300		Deg

EEPROMの特性

Endurance	(Note 13)	$0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations	●	10,000		Cycles
Retention	(Note 13)	$T_J < 125^\circ\text{C}$	●	10		Years
Mass_Write	Mass Write Operation Time	STORE_USER_ALL, $0^\circ\text{C} < T_J \leq 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operations	●	440	4100	ms

デジタル入力: SCL, SDA, RUN $_n$, FAULT $_n$

V_{IH}	Input High Threshold Voltage	SCL, SDA, RUN, FAULT	●		1.35	V
V_{IL}	Input Low Threshold Voltage	SCL, SDA, RUN, FAULT	●	0.8		V
V_{HYST}	Input Hysteresis	SCL, SDA		0.08		V
C_{PIN}	Input Capacitance				10	pF

デジタル入力: WP

I_{PUWP}	Input Pull-Up Current	WP		10		μA
------------	-----------------------	----	--	----	--	---------------

オープンドレイン出力: SCL, SDA, FAULT $_n$, ALERT, RUN $_n$, SHARE_CLK, PGOOD $_n$

V_{OL}	Output Low Voltage	$I_{SINK} = 3\text{mA}$	●		0.4	V
----------	--------------------	-------------------------	---	--	-----	---

デジタル入力: SHARE_CLK, WP

V_{IH}	Input High Threshold Voltage		●	1.5	1.8	V
V_{IL}	Input Low Threshold Voltage		●	0.6	1.0	V

リーク電流: SDA, SCL, ALERT, RUN

I_{OL}	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 5.5\text{V}$	●		± 5	μA
----------	-----------------------	---	---	--	---------	---------------

リーク電流: FAULT $_n$, PGOOD $_n$

I_{GL}	Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{PIN} \leq 3.6\text{V}$	●		± 2	μA
----------	-----------------------	---	---	--	---------	---------------

FAULT $_n$ のデジタル・フィルタリング

t_{FAULT}	Input Digital Filtering FAULT $_n$			3		μs
-------------	------------------------------------	--	--	---	--	---------------

PGOOD $_n$ のデジタル・フィルタリング

t_{PGOOD}	Output Digital Filtering PGOOD $_n$			60		μs
-------------	-------------------------------------	--	--	----	--	---------------

RUN $_n$ のデジタル・フィルタリング

t_{RUN}	Input Digital Filtering RUN $_n$			10		μs
-----------	----------------------------------	--	--	----	--	---------------

PMBusインターフェースのタイミング特性

f_{SCL}	Serial Bus Operating Frequency		●	10	400	kHz
t_{BUF}	Bus Free Time Between Stop and Start		●	1.3		μs
$t_{HD(STA)}$	Hold Time After Start Condition. After This Period, the First Clock Is Generated		●	0.6		μs
$t_{SU(STA)}$	Repeated Start Condition Setup Time		●	0.6	10000	μs
$t_{SU(STO)}$	Stop Condition Setup Time		●	0.6		μs
$t_{HD(DAT)}$	Data Hold Time Receiving Data Transmitting Data		●	0		μs
			●	0.3	0.9	μs
$t_{SU,DAT}$	Data Setup Time Receiving Data		●	0.1		μs

電気的特性 ●は規定動作ジャンクション温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_J = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。
特に指定のない限り、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0} = 1.8\text{V}$ 、 $V_{RUN1} = 1.8\text{V}$ 、 $f_{SYNC} = 250\text{kHz}$ (外部駆動)、
プログラム可能な全てのパラメータは出荷時のデフォルト値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$t_{TIMEOUT_SMB}$	Stuck PMBus Timer Non-Block Reads Stuck PMBus Timer Block Reads	Measured from the Last PMBus Start Event		32/255 255		ms ms
t_{LOW}	Serial Clock Low Period		●	1.3	10000	μs
t_{HIGH}	Serial Clock High Period		●	0.6		μs

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、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: LTC7880 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。LTC7880E は 0°C ~ 85°C の温度範囲で性能仕様に適合することが確認されている。 -40°C ~ 125°C の動作ジャンクション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。LTC7880I は -40°C ~ 125°C の動作ジャンクション温度範囲での動作が確認されている。 T_J は周囲温度 T_A および消費電力 P_D から次式に従って計算される。

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

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に関連した特定の動作条件によって決まる。

Note 3: デバイスのピンに流れ込む電流は全て正。デバイスのピンから流れ出す電流は全て負。注記がない限り、全ての電圧はグラウンドを基準にしている。

Note 4: 立ち上がり時間と立下がり時間は 10% と 90% のレベルを使用して測定されている。遅延時間は 50% レベルを使用して測定されている。

Note 5: PMBus でのデータ・フォーマットは 5 ビットの指数部 (符号付き) と 11 ビットの仮数部 (符号付き)。このため、内部 ADC が 16 ビットで、計算に 32 ビット・ワードを使用している場合でも、出力の分解能は 10 ビットに制限される。

Note 6: データ変換は順繰りに行われる。MFR_ADC_CONTROL コマンドを使用しない限り、全ての入力信号は 90ms の標準的な遅延の間に絶え間なく変換される。

Note 7: IOUT_CAL_GAIN = 1.0m Ω か MFR_IOUT_TC = 0.0 である。READ_IOUT から読み出された値の単位はアンペア。

Note 8: デバイスは PWM をディスエーブルした状態でテストされる。アプリケーションでの評価が性能を裏付けている。総合未調整誤差 (%) = ADC ゲイン誤差 (%) + 100 • [ゼロコード・オフセット + ADC 直線性誤差] / 実際の値。

Note 9: 全ての V_{OUT} コマンドは、ADC を使用して出力のゼロを自動的に調整し、規定の精度を達成することを前提にしている。LTC7880 は、 V_{OUT} を規定の電圧にサーボ制御する帰還ループ内でテストされる。

Note 10: V_{OUT} のプログラム可能な最大電圧は 60V。

Note 11: V_{IN1} の最大電圧は 40V。

Note 12: $V_{BIAS} < 6\text{V}$ のときは DRV_{CC} を V_{BIAS} に接続する必要がある。

Note 13: EEPROM の書換え回数は、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。データ保持期間の出荷テストは、ウェーハ・レベルで高温ベークによって実施される。最小データ保持期間の仕様は、EEPROM の書換え回数が最小書換え回数の規格値より少ないデバイスに適用される。RESTORE_USER_ALL コマンド (EEPROM の読出し) は、全動作温度範囲にわたって有効。

Note 14: LTC7880 の自己消費電流 (I_Q) は、 V_{BIAS} の I_Q に $EXTV_{CC}$ の I_Q を加えたものに等しい。

Note 15: LTC7880 は、瞬間的な過負荷状態時にデバイスを保護するための過熱保護機能を備えている。過熱保護機能がアクティブなときジャンクション温度は 125°C を超える。規定された最大動作ジャンクション温度を超えた状態で動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

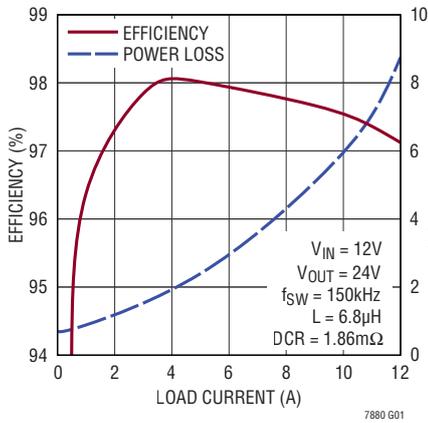
Note 16: $T_J = 85^\circ\text{C}$ を超える温度または 0°C 未満の温度での書込み動作は可能だが、電気的特性は確保されておらず、EEPROM は劣化する。読出し動作を -40°C ~ 125°C の温度範囲内で行えば、EEPROM は劣化しない。 85°C より高い温度で EEPROM に書き込むと、データ保持特性が劣化する。

Note 17: ADC 読出しを含めて限度値は、テスト中の TSNS 電圧および電流測定値で確認している。

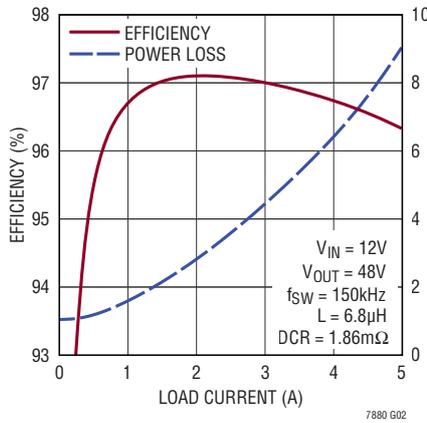
代表的な性能特性

特に注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 。

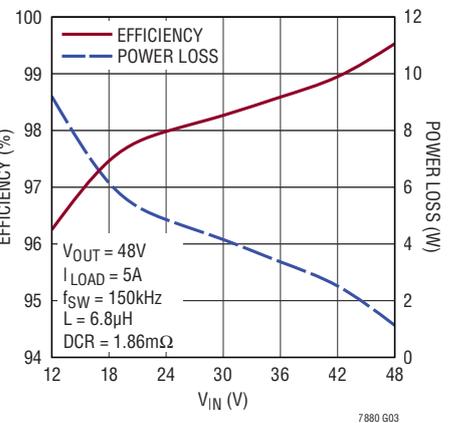
効率および電力損失と
負荷電流



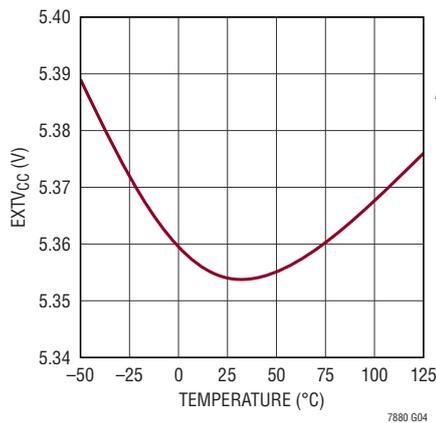
効率および電力損失と
負荷電流



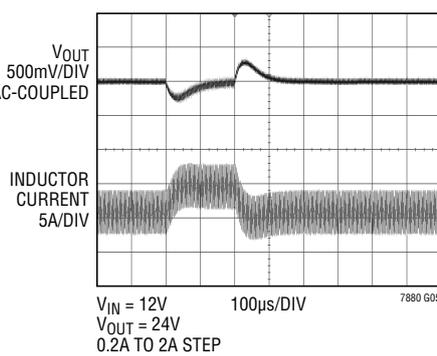
効率および電力損失と入力電圧



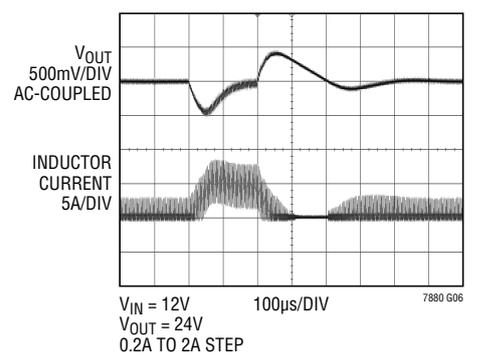
$EXTV_{CC}$ の切替電圧と温度
($DRVSET = 0$)



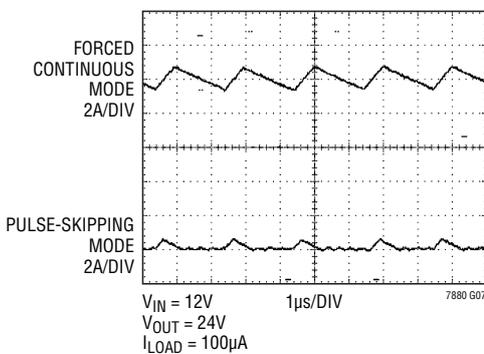
負荷ステップ
(強制連続モード)



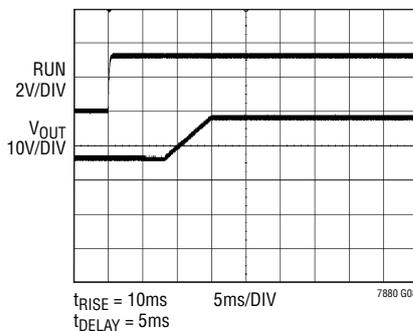
負荷ステップ
(パルス・スキップ・モード)



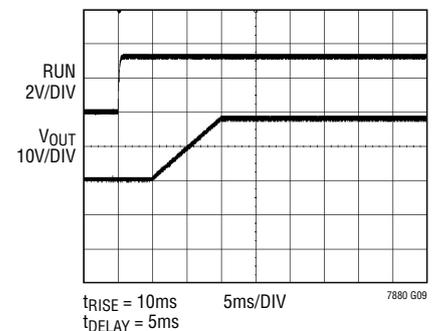
軽負荷時のインダクタ電流



プリバイアスされた負荷状態での
起動



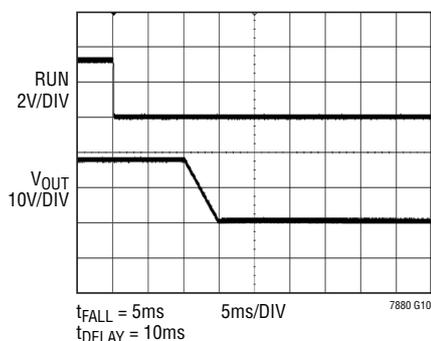
ソフトスタート時のランプ波形



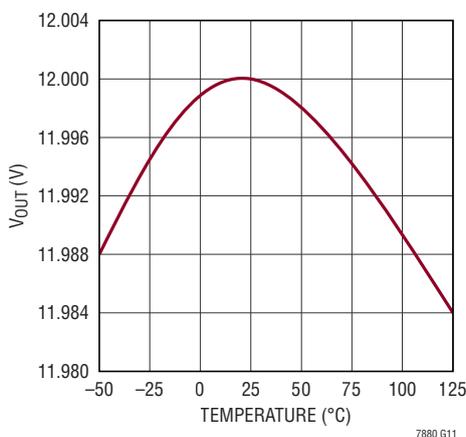
代表的な性能特性

特に注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 。

ソフトオフ時のランプ波形



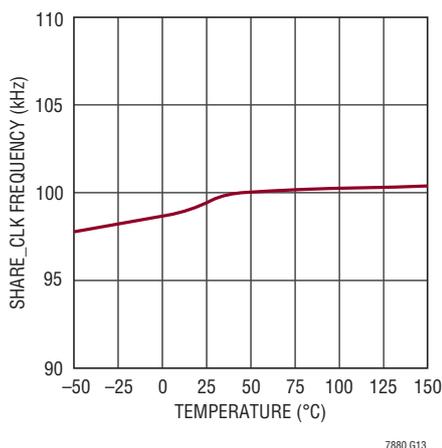
12Vの安定化出力電圧と温度



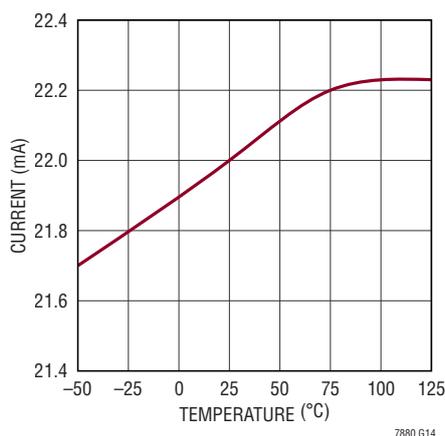
最大電流検出閾値とデューティ・サイクル、 $V_{OUT} = 0\text{V}$



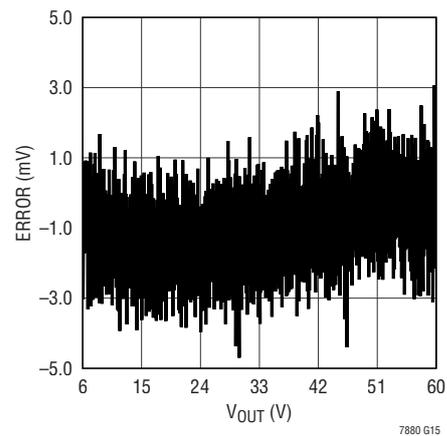
SHARE_CLK周波数と温度



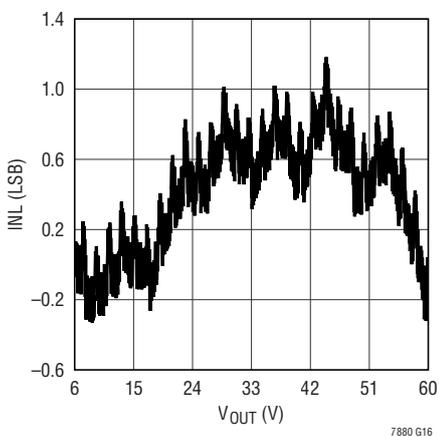
自己消費電流と温度



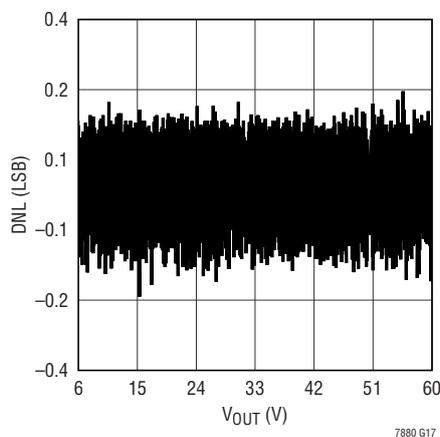
V_{OUT} の測定誤差と V_{OUT}



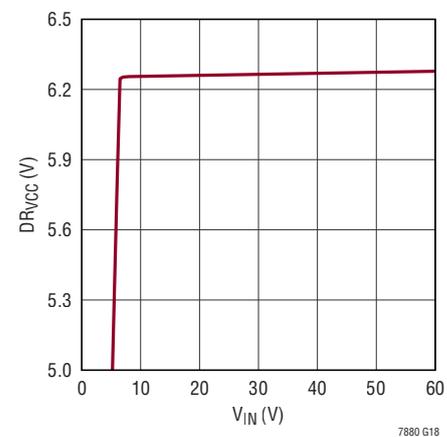
V_{OUT} コマンド時のINL



V_{OUT} コマンド時のDNL



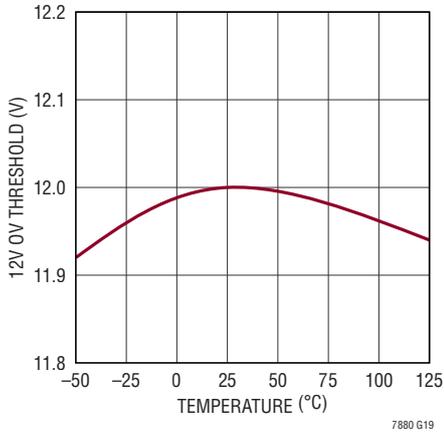
DRV_{CC}のライン・レギュレーション



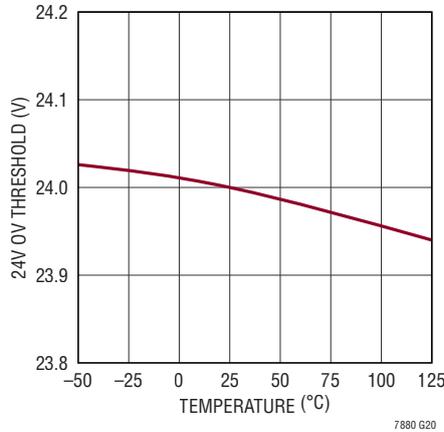
代表的な性能特性

特に注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{BIAS} = 16\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 。

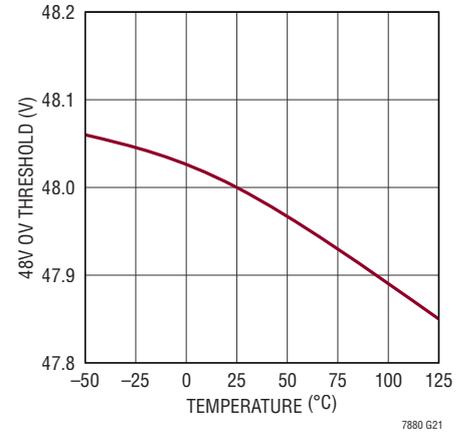
V_{OUT} のOV閾値と温度(目標値:12V)



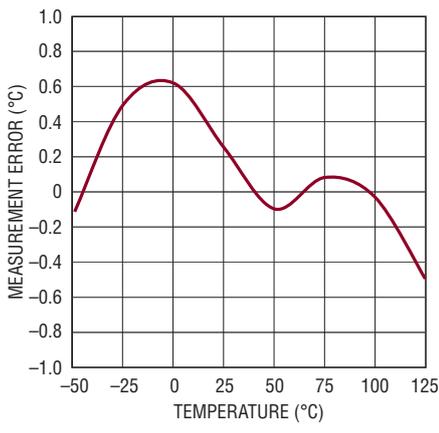
V_{OUT} のOV閾値と温度(目標値:24V)



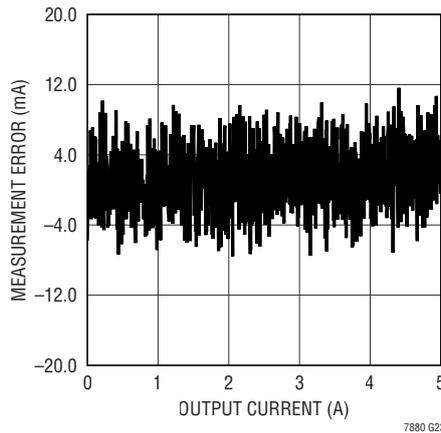
V_{OUT} のOV閾値と温度(目標値:48V)



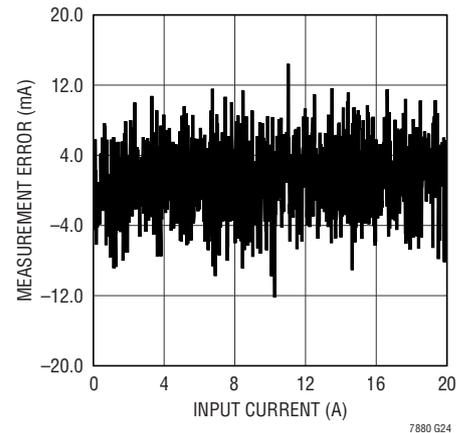
外部温度の誤差と温度



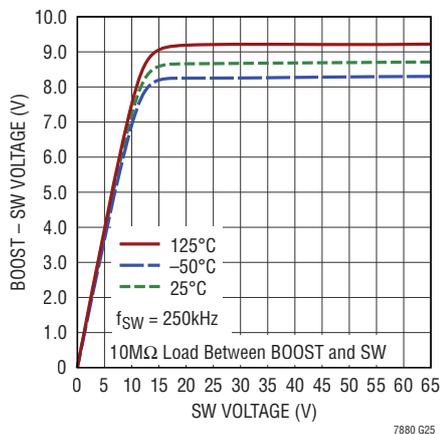
I_{OUT} の誤差と I_{OUT}



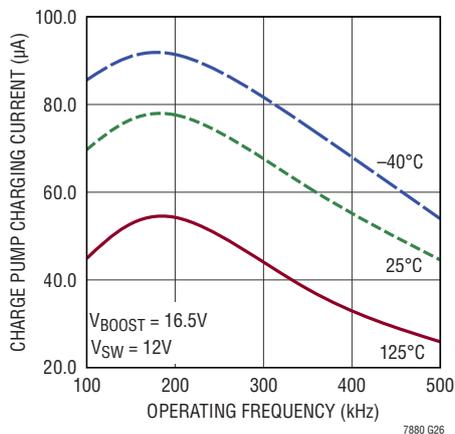
I_{IN} の誤差と I_{IN}



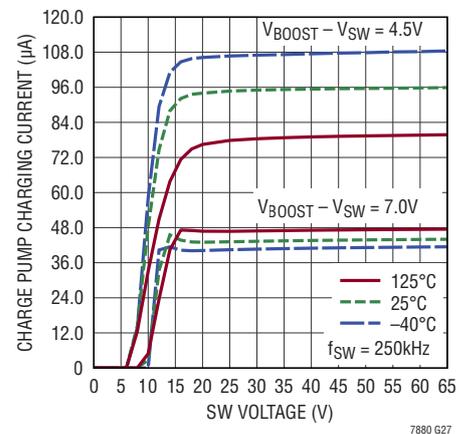
BOOSTのチャージ・ポンプ
出力電圧とSWの電圧



BOOSTのチャージ・ポンプ
充電電流と周波数



BOOSTのチャージ・ポンプ
充電電流とSWの電圧



ピン機能

SW0/SW1 (1, 39 番ピン) : スイッチ・ノードのインダクタへの接続箇所。ピンの電圧振幅は、グラウンドよりダイオードの電圧降下分だけ低い電圧から V_{OUT} よりダイオードの電圧降下だけ高い電圧までです。

TG0/TG1 (2, 38 番ピン) : 上側ゲート・ドライバ出力。これらは、その電圧振幅が、スイッチ・ノード電圧に DRV_{CC} を重ね合わせた電圧に等しいフロート・ドライバの出力です。

VSENSE1⁺/VSENSE0⁺ (3, 45 番ピン) : 正の出力電圧検出入力。

ISENSE0⁺/ISENSE1⁺ (4, 9 番ピン) : 電流検出コンパレータの入力。電流コンパレータへの (+) 入力が入力電圧に接続されます。

ISENSE0⁻/ISENSE1⁻ (5, 10 番ピン) : 電流検出コンパレータの入力。電流コンパレータへの (-) 入力は、通常は DCR による検出ネットワークまたは電流検出抵抗に接続されます。

TSNS0/TSNS1 (6, 36 番ピン) : 外付けダイオードの温度検出ピン。リモート温度検出のため、ダイオード接続 PNP トランジスタのアノードに接続します。カソードは、別のグラウンド帰還経路を使用して、LTC7880 のピン 53 に直接接続します。アノードとカソードの間のバイパス・コンデンサは、トランジスタのすぐ近くに配置する必要があります。外付けの温度検出素子を取り付けない場合は、このピンをグラウンドに短絡して UT_FAULT_LIMIT を $-275^{\circ}C$ に設定し、 $UT_FAULT_RESPONSE$ を無視するように設定します。

V_{IN0}⁺/V_{IN1}⁺ (7, 35 番ピン) : 入力電圧検出入力。

NC (8 番ピン) : 未接続。

I_{THRO}/I_{THR1} (11, 32 番ピン) : ループ補償ノード。

I_{TH0}/I_{TH1} (12, 31 番ピン) : 電流制御閾値およびエラー・アンプの補償ノード。対応する各チャンネルの電流コンパレータの作動閾値は、その I_{TH} 電圧に応じて増加します。

SYNC (13 番ピン) : 外部クロックの同期入力ピンおよびオープンドレイン出力ピン。このピンに外部クロックが入ると、スイッチング周波数は外部クロックに同期します。クロック・マスタ・モードを有効にすると、このピンはスイッチング周波数に合わせてローになります。そのときグラウンド電位となるパルス幅は 500ns です。このアプリケーションでは抵抗で 3.3V にプルアップすることが必要です。

SCL (14 番ピン) : シリアル・バスのクロック入力。クロック・ストレッチングを有効にしている場合は、オープンドレイン出力が出力をローに保持できます。このアプリケーションでは 3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。

SDA (15 番ピン) : シリアル・バスのデータ入力および出力。このアプリケーションでは 3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。

ALERT (16 番ピン) : オープンドレインのデジタル出力。 $SMBALERT$ 信号をこのピンに接続します。このアプリケーションでは 3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。

FAULT0/FAULT1 (17, 18 番ピン) : プログラム可能なデジタル汎用入出力。オープンドレイン出力。このアプリケーションでは 3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。

RUN0/RUN1 (19, 20 番ピン) : イネーブル実行入力および出力。このピンをロジック・ハイにすると、コントローラがイネーブルされます。オープンドレイン出力は、LTC7880 がリセット状態から抜け出すまでこのピンをローに保持します。このピンはオープンドレインのデジタル出力で駆動します。このアプリケーションでは 3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。

ASEL0/ASEL1 (21, 22 番ピン) : シリアル・バスのアドレス選択入力。 V_{DD25} と GND の間でのオプションの 1% 精度の抵抗分圧器をこれらのピンに接続して、シリアル・バス・インターフェースのアドレスを選択します。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。ピンをオープンにする場合は、容量を最小限に抑えて、ピンの状態を正確に検出できるようにします。

V_{OUT0_CFG}/V_{OUT1_CFG} (23, 24 番ピン) : 出力電圧の選択ピン。出力電圧を選択するため、 $\pm 1\%$ 精度の抵抗分圧器をデバイスの V_{DD25} 、 V_{OUT_CFG} 、および GND に接続します。このピンをオープンのままにした場合、デバイスは、EEPROM にプログラムされている値を使用します。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。ピンをオープンにする場合は、容量を最小限に抑えて、ピンの状態を正確に検出できるようにします。

FREQ_CFG (25 番ピン) : 周波数の選択ピン。スイッチング周波数を選択するため、 $\pm 1\%$ 精度の抵抗分圧器をデバイスの V_{DD25} 、 $FREQ_CFG$ 、および GND に接続します。このピンをオープンのままにした場合、デバイスは、EEPROM にプログラムされている値を使用します。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。ピンをオープンにする場合は、容量を最小限に抑えて、ピンの状態を正確に検出できるようにします。

ピン機能

PHAS_CFG (26 番ピン) : 位相設定入力。V_{DD25}とGNDの間にあるオプションの1%精度の抵抗分圧器をこのピンに接続して、PWMチャンネルの位相をSYNCを基準にして設定します。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。ピンをオープンにする場合は、容量を最小限に抑えて、ピンの状態を正確に検出できるようにします。

V_{DD25} (27 番ピン) : 内部生成された2.5V電源の出力。このピンは1μFの低ESRコンデンサを使用してGNDにバイパスします。LTC7880の抵抗設定ピンに必要な抵抗分圧器を除き、このピンには外部負荷をかけないでください。

WP (28 番ピン) : アクティブ・ハイの書込み保護ピン。内部の10μA電流源により、このピンの電圧はV_{DD33}まで引き上げられます。WPがハイの場合は、PMBusによる書込みが制限されます。

SHARE_CLK (29 番ピン) : 共有クロック、オープンドレインの双方向クロック共有ピン。公称は100kHzです。複数のLTCコントローラ間でタイミングの同期をとるために使用します。全てのSHARE_CLKピンを相互に接続します。全てのLTCコントローラは、最高速のクロックに同期します。このアプリケーションでは、5.49kのプルアップ抵抗を3.3Vに接続することが必要です。

V_{DD33} (30 番ピン) : 内部生成された3.3V電源の出力。このピンは1μFの低ESRコンデンサを使用してGNDにバイパスします。このピンには外部電流負荷をかけないでください。

PGOOD0/PGOOD1 (34, 33 番ピン) : パワーグッド・インジケータ出力。オープンドレインのロジック出力で、出力がUV/OV閾値を超えるとグラウンド電位に低下します。出力のグリッチは内部の60μsフィルタにより除去されます。このアプリケーションでは3.3Vへのプルアップ抵抗が必要です。

BOOST1/BOOST0 (40, 52 番ピン) : フロート・ドライバの昇圧電源。このピンにはブートストラップ・コンデンサの(+)端子を接続します。このピンは、DRV_{CC}よりもダイオードの電圧降下分だけ低い電圧からV_{OUT} + DRV_{CC}まで振幅します。

BG0/BG1 (50, 42 番ピン) : 下側のゲート・ドライバ出力。このピンは、下側のNチャンネルMOSFETのゲートをGNDからDRV_{CC}までの電圧範囲で駆動します。

EXTV_{CC} (43 番ピン) : DRV_{CC}に接続された内部LDOへの外部電源入力。EXTV_{CC}が5.3V (DRVSET = 1, 2の場合は7.7V)より高いときは必ず、このLDOがDRV_{CC}電源に電力を供給して、V_{BIAS}から電力を供給される内部LDOを迂回します。アプリケーション情報セクションのEXTV_{CC}の接続を参照してください。このピンをフロート状態にしたり、ピンの電圧が14Vを超えたりしないようにしてください。4.7μF以上の低ESRタンタル・コンデンサまたはセラミック・コンデンサを使用して、このピンをGNDにデカップリングします。EXTV_{CC}ピンを使用しない場合は、このピンをGNDに接続します。EXTV_{CC}ピンはV_{BIAS}ピンの電圧より高い電圧に接続してもかまいません。

DRV_{CC} (44 番ピン) : V_{BIAS}またはEXTV_{CC}低ドロップアウト(LDO)レギュレータの出力。ゲート・ドライバはこの電圧源から電力が供給されます。DRV_{CC}の出力電圧はDRVSETコマンドで設定します。DRV_{CC}ピンは、4.7μF以上のセラミック・コンデンサまたは他の低ESRコンデンサを使用して、グラウンドにデカップリングする必要があります。DRV_{CC}ピンは、他の目的には使用しないでください。

I_{OUT}⁻ (46 番ピン) : チャンネル0の出力電流検出アンプの負入力。出力電圧に接続します。

I_{OUT}⁺ (47 番ピン) : チャンネル0の出力電流検出アンプの正入力。出力電流検出抵抗に接続します。

V_{BIAS} (48 番ピン) : 主入力電源。このピンは、コンデンサ(0.1μF~1μF)を使用してGNDにデカップリングします。

GND (露出パッド 53 番ピン) : グラウンド。全ての小信号用部品および補償部品は、このグラウンドに一点で接続します。

ブロック図

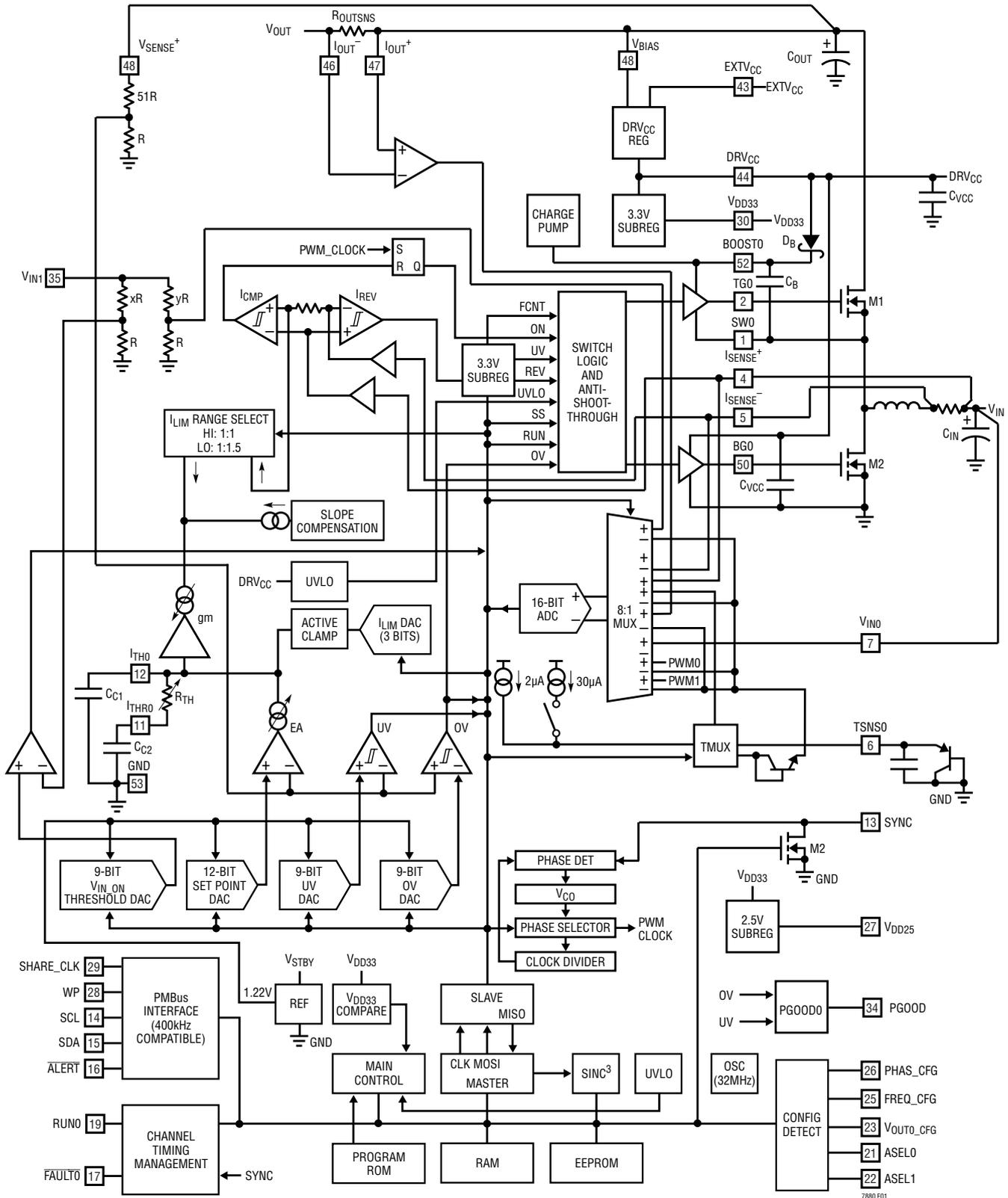


図1. ブロック図、2チャンネルの片方 (CH0) を表示

動作

概要

LTC7880は、DC/DC昇圧アプリケーション向けのデュアル・チャンネル／PolyPhase、固定周波数、アナログ電流モード・コントローラで、デジタル・インターフェースを備えています。LTC7880のデジタル・インターフェースは、最大400kHzのバス速度をサポートするPMBusと互換性があります。代表的なアプリケーション回路は、このデータシートの最初のページに記載されています。

主な機能は以下のとおりです。

- プログラム可能な出力電圧
- プログラム可能な入力電圧コンパレータ
- プログラム可能な電流制限
- プログラム可能なスイッチング周波数
- プログラム可能なOVおよびUVコンパレータ
- プログラム可能なオンとオフの遅延時間
- プログラム可能な出力立上がり／立下がり時間
- プログラム可能なループ補償
- 各チャンネルに専用のパワーグッド・ピン
- フェーズ・ロック・ループ(PLL)により、同期PolyPhase動作(2、3、4、6相)に対応
- 入力と出力の電圧／電流、および温度の遠隔測定
- チャンネル0での完全差動リモート検出
- ゲート・ドライバ内蔵
- ECC機能を備えた不揮発性設定メモリ
- オプションの外付け設定抵抗により重要な動作パラメータに対応
- オプションのタイム・ベース相互接続による複数コントローラ間の同期
- 障害ログ
- 内部EEPROM設定を保護するWPピン
- お客様の工場での設定後に単独で動作
- PMBusバージョン1.2、400kHz準拠のインターフェース

PMBusインターフェースでは、システムの動作時に、以下の項目を含む重要なパワー・マネージメント・データにアクセスできます。

- 内部のダイ温度
- オプションのダイオード検出素子による外部システムの温度
- 平均出力電流
- 平均出力電圧
- 平均入力電圧
- 平均入力電流
- ラッチ状態または非ラッチ状態の設定可能な個々の障害および警告のステータス

個々のチャンネルは、PAGEコマンド(つまりPAGE 0または1)を使用して、PMBusを介してアクセスされます。

障害報告とシャットダウン動作は、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ 出力を使用して完全に設定できます。 $\overline{\text{ALERT}}$ の専用ピンが用意されています。また、シャットダウン動作でも全ての障害を個別にマスク可能であり、非ラッチ(再試行)モードとラッチ・モードのいずれでも動作できます。

個々のステータス・コマンドによって、シリアル・バスを介した障害報告で特定の障害イベントを識別できます。障害または警告の検出には、以下の項目が含まれます。

- 出力の低電圧／過電圧
- 入力 of 低電圧／過電圧
- 入力および出力の過電流
- 内部の過熱
- 外部の過熱
- 通信、メモリ、またはロジック(CML)障害

動作

メイン制御ループ

LTC7880は固定周波数、電流モードの昇圧コントローラで、ユーザ定義の相対位相で動作します。通常動作中、下側MOSFETは、対応するチャンネルのクロックがRSラッチをセットするとオンになり、メインの電流コンパレータ I_{CMP} がRSラッチをリセットするとオフになります。 I_{CMP} がRSラッチをリセットするときのピーク・インダクタ電流は、エラー・アンプEAの出力である I_{TH} ピンの電圧によって制御されます。EAの負端子の電圧は、 V_{SENSE} の電圧を52で割った値(範囲 = 1の場合は26)に等しくなります。EAの正端子は12ビットDACの出力に接続されており、値の範囲は0V~1.22Vです。出力電圧は、EAの帰還を介してDAC出力の52倍(範囲 = 1の場合は26)に安定化されます。目的とする出力電圧を合成するため、DACの値はデバイスによって計算されます。出力電圧は、表3に詳細を示す抵抗設定ピンまたは(EEPROMから、またはPMBusコマンドにより) V_{OUT} コマンドを使用して設定します。詳細については、データシートのPMBusコマンドのセクションまたはPMBusの仕様を参照してください。PMBusの $V_{OUT_COMMAND}$ により、出力電圧はいつでも変更できます。このコマンドの遅延時間は、通常10ms未満です。

ピーク電流に達すると、この電流モード・コントローラはBGをオフします。負荷電流が増えると、 V_{SENSE} はDACリファレンスに対してわずかに低下します。このため、 I_{TH} の電圧は、平均インダクタ電流が増加後の負荷電流と一致するまで高くなり続けます。下側MOSFETがオフした後、上側MOSFETがオンします。連続導通モードでは、スイッチング・サイクルが終了するまで、上側MOSFETはオンのままです。

EEPROM

LTC7880は、構成設定と障害ログ情報を格納するため、誤り訂正符号化(ECC)機能を備えたEEPROMを内蔵しています。ユーザ領域と障害ログ・ページを対象とするEEPROMの書換え回数とデータ保持期間は、絶対最大定格と電気的特性の表に仕様が規定されています。また、LTC7880のEEPROMには、内部冗長性を備えた製造部分も含まれています。

内蔵EEPROM全体の完全性は、パワーオン・リセットやRESTORE_USER_ALLコマンドの実行後など、データを読み出すたびにCRC計算により検査されます。CRCエラーが発生すると、STATUS_BYTEコマンドとSTATUS_WORDコマンドのCMLビットが設定され、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドのEEPROM CRCエラー・ビットが設定されて、 \overline{ALERT} ピンとRUNピンがロー(PWMチャンネルがオフ)になります。その時点で、デバイスは特殊アドレス0x7Cの場合

に応答するようになります。このアドレスが動作状態になるのは、無効なCRCが検出された後だけです。また、デバイスはグローバル・アドレス0x5Aおよび0x5Bでも応答しますが、CRCの問題から回復しようとするときにこれらのアドレスを使用するのは推奨しません。無効なCRCを報告しているデバイスのいずれかのPWMチャンネルに関連付けられている電源レールは、問題が解決するまでデイスエーブル状態のままになります。EEPROMの修復がうまくいかない場合は、弊社にお問い合わせください。

ダイ温度が85°Cより高い場合、EEPROMに書き込まないことを推奨します。内部のダイ温度が130°Cを超えると、RESTORE_USER_ALLとMFR_RESETを除く全てのEEPROM動作はデイスエーブルされます。ダイ温度が125°Cより低くなるまで、EEPROMの動作は完全には再イネーブルされません。高い動作温度によるデータ保持特性の劣化を予測する式については、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。

バルクEEPROMのプログラミングなど、LTC7880もサポートしているEEPROMの効率的なシステム内プログラミングの詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照するか、弊社にお問い合わせください。

CRC保護

EEPROMメモリの完全性は、パワーオン・リセット後に検査されます。CRCエラーがあると、コントローラはリセット状態から抜けられなくなります。CRCエラーが発生すると、STATUS_BYTEコマンドとSTATUS_WORDコマンドのCMLビットが設定され、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドの該当ビットが設定されて、 \overline{ALERT} ピンがローになります。コントローラに対する目的の設定を書き込み、STORE_USER_ALLコマンドを実行してからCLEAR_FAULTSコマンドを実行することで、EEPROMの修復を試みることができます。

LTC7880は、EEPROMにECC検査とCRC検査を実装することにより、製造データとユーザ・データの完全性を保護します。EEPROMでのシングル・ビット障害の内容をECCが訂正できない場合、CRCエラーが発生します。これにより、ダブル・ビット障害は全て検出されます。EEPROMの製造データ部分またはユーザ・データ部分でCRC検査が不合格になると、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドの「EEPROM CRC Fault」が設定されます。ユーザ領域の再書き込みを試みCLEAR_FAULTSを発行した後、またはこのビットに1を書き込んだ後、このビットが設定されたままの場合は、回復不能な障害が発生しています。こうした種類の障害についてEEPROMを現場で修復することは想定していません。

動作

電源の投入と初期化

LTC7880は、独立した電源シーケンス制御と、制御されたターンオン動作およびターンオフ動作を実現する目的で設計されています。図1のブロック図に示すように、2つの内蔵リニア電圧レギュレータが内部の2.5Vおよび3.3Vを生成していますが、LTC7880は1つのV_{BIAS}バイアス電源(5V~40V)で動作できます。V_{BIAS}が6Vを超えることができなく、EXTV_{CC}ピンが外部電源によって駆動されない場合は、DRV_{CC}ピンとV_{BIAS}ピンを互いに接続する必要があります。LTC7880のEXTV_{CC}ピンを外部電源で駆動することで、回路の効率を向上して、LTC7880での消費電力を最小限に抑えることができます。DRV_{CC}電圧LDOがEXTV_{CC}ピンの電圧によって動作するには、その前にEXTV_{CC}ピンの電圧が約5.3V(DRVSET = 1、2の場合は7.7V)を超える必要があります。アプリケーションの消費電力を最小限に抑えるため、EXTV_{CC}ピンにはスイッチング・レギュレータ、またはLTC7880の出力から電力を供給できます。EXTV_{CC}ピンの電圧がV_{BIAS}ピンの電圧を超えてもかまいません。EXTV_{CC}ピンの電圧がV_{BIAS}の電圧より約200mV高くなると、DRV_{CC}電圧のLDOはEXTV_{CC}ピンの電圧によって動作します。コントローラの設定は内部閾値ベースのUVLOによって初期化されます。ここではV_{BIAS}を約4.2Vにする必要があります。3.3Vおよび2.5Vの各リニア電圧レギュレータを安定化電圧の値の約20%以内にする必要があります。PMBusのRESTORE_USER_ALLコマンドまたはMFR_RESETコマンドを実行した場合も、同じ初期化が強制的に行われます。

初期化時には、外付けの設定抵抗が識別され、EEPROMの内容がコントローラのRAMに読み込まれます。BG_n、TG_n、PGOOD_n、RUN_nの各ピンはローに保持されます。FAULT_nピンは高インピーダンス・モードになります。LTC7880は表3~6の内容を使用して、抵抗で定義されたパラメータを判別します。詳細については、抵抗設定のセクションを参照してください。抵抗設定ピンが制御するのは、コントローラのプリセット値の一部です。残りの値は出荷時にEEPROMにプログラムされます。あるいは、お客様にプログラムしていただきます。

設定抵抗を挿しなかった場合、またはRCONFIG無視ビット(MFR_CONFIG_ALL_LTC7880構成コマンドのビット6)をアサートした場合、LTC7880はEEPROMの内容だけを使用して構成を決定します。これらのピンがオープンでない限り、電源投入時またはリセット時に読み出されたASEL0およびASEL1の値は常に有効です。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

デバイスの初期化が完了すると、別のコンパレータがV_{IN1}をモニタします。出力電源のシーケンス制御を開始するには、VIN_ONの閾値を超える必要があります。V_{BIAS}電源が初め

て印加されてからデバイスがTON_DELAYタイマーを初期化して始動するまでに、通常は35msかかります。電圧と電流の読出しには、更に200ms~300msかかることがあります。

ソフトスタート

デバイスはソフトスタートの前に動作状態になっている必要があります。RUNピンがLTC7880によって解放されるのは、デバイスが初期化され、V_{IN1}がVIN_ONの閾値より高くなった後です。アプリケーションに複数のLTC7880を使用している場合は、全てのデバイスが初期化され、全てのデバイスについてV_{IN1}がVIN_ONの閾値を超えるまで、全てのデバイスがそれぞれのRUNピンをローに保持します。SHARE_CLKピンは、信号に接続されている全てのデバイスが同じタイム・ベースを使用するようにします。V_{BIAS}の印加後で、V_{IN1}がVIN_ON閾値を超えた後は、デバイスが初期化されるまでSHARE_CLKピンはローに保持されます。SHARE_CLKがロー(MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880のビット2を1に設定)の場合は、LTC7880がオフ(またはオフのままに)するよう設定できます。これにより、基板の制約によってRUNピンを互いに接続できない場合でも、多数のアナログ・デバイスサイズのIC間での同期が可能になります。一般に、デバイス間の同期に配慮する場合は、それぞれのRUNピンおよびSHARE_CLKピンを全て互いに接続して、5.49kの抵抗でV_{DD33}にプルアップするのが最善です。これにより、全てのデバイスがシーケンス制御を同時に開始して同じタイム・ベースを使用します。

RUN_nピンが解放された後、一定の出力電圧レギュレーション状態に入る前に、LTC7880は単調な初期ランプ(ソフトスタート)を実行します。詳細については、アプリケーション情報のセクションの図29を参照してください。ソフトスタートは、負荷電圧を能動的に安定化しつつ、目的の電圧をMFR_VOUT_STARTコマンド電圧値からコマンド指定の電圧設定値までデジタル式に増加することによって実行します。昇圧電圧は、外付けFETがVIN - VBEの点から開始します。目的の上昇/下降特性を確保するため、MFR_VOUT_STARTをVINの目標電圧に設定します。(電源投入後と初期化後に)LTC7880の起動をコマンドで指定すると、コントローラはユーザ指定のターンオン遅延(TON_DELAY)の間待機した後、この出力電圧ランプを開始します。電圧ランプの立上がり時間をTON_RISEコマンドを使用してプログラムし、起動電圧ランプに関連した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を無効にするには、TON_RISEの値を0.25msより小さい任意の値に設定します。LTC7880のPWMは、TON_RISE動作の間、常に不連続モードを使用します。不連続モードでは、インダクタに逆電流が流れていることが検出されると、上側のゲートはすぐにオフになります。これにより、レギュレータは出力から電流

動作

を流さずにプリバイアスされた負荷状態で起動できるようになります。TON_MAX_FAULT_LIMITに到達すると、デバイスは連続モードに遷移します(事前にプログラムしてある場合)。TON_MAX_FAULT_LIMITを0に設定すると、時間制限がなくなり、TON_RISEが経過し、かつV_{OUT}がV_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}を上回った後(ただしI_{IN_OC_FAULT_LIMIT}は上回っていない)、デバイスは目的の導通モードに遷移します。上側FETのボディ・ダイオードに起因して、ソフトスタート機能はV_{OUT}が約V_{IN}に充電された場合のみ有効です。

時間ベースのシーケンス制御

出力のオンとオフをシーケンス制御するデフォルトのモードは時間ベースです。出力がイネーブルされるのは、RUN_nピンがハイになるか、PMBusコマンドによってオンにするか、V_{IN1}ピンの電圧が事前設定電圧より高くなってから、TON_DELAYの時間待機した後です。オフ・シーケンス制御は同様の方法で処理されます。適切なシーケンス制御を実施するため、全てのICでSHARE_CLKピンを互いに接続し、かつRUNピンを互いに接続します。何らかの理由でRUNピンを互いに接続できない場合は、MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880のビット2を1に設定します。このビットにより、電源出力が起動するには、その前にSHARE_CLKピンをクロックで制御することが必要になります。RUN_nピンがローになると、LTC7880はこのピンをMFR_RESTART_DELAYの時間中、ローに保持します。MFR_RESTART_DELAYの最小値は、TOFF_DELAY + TOFF_FALL + 136msです。この遅延により、全てのレールのシーケンスが適切に制御されます。LTC7880はこの遅延を内部で計算し、これより短い遅延時間では処理しません。ただし、デバイスはこれより長い時間が指定されたMFR_RESTART_DELAYを使用できます。最大許容値は65.52秒です。

イベントベースのシーケンス制御

出力のUV閾値を超えると、PGOOD_nピンがアサートされます。あるLTC7880のPGOOD_nピンから、シーケンスの次のLTC7880のRUNピンに電力を供給できます。これは複数のLTC7880にまたがって実装できます。一連のレールに障害が検出されると、障害が発生したレールと下流のレールだけ障害でオフになります。障害が発生したレールの上流にある一連のデバイスのレールは、コマンド指定でオフにしない限り、引き続きオンのままです。

シャットダウン

LTC7880は3つのシャットダウン・モードに対応します。最初のモードは連続導通モードで、ユーザ定義のターンオフ遅延(TOFF_DELAY)と下降率(TOFF_FALL)を指定できます。コントローラは負荷から電流を流してTOFF_FALLを強制的に実行します。2番目のモードは不連続導通モードです。不連続導通モードでは、コントローラは負荷から電流を流さなくなり、立下がり時間は出力容量と負荷電流によって設定されます。

Event-Based Sequencing by Cascading PGOODs Into RUN Pins

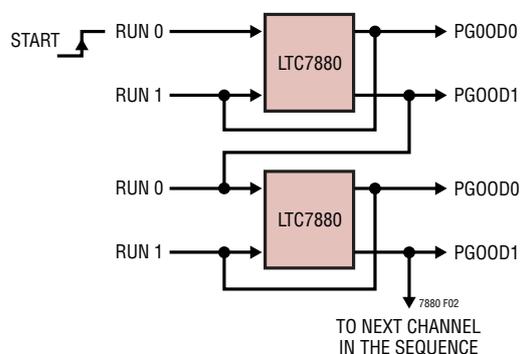


図2. イベント(電圧)ベースのシーケンス制御

3番目のシャットダウン・モードになるのは、障害状態、SHARE_CLKが失われた場合(MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880のビット2を1に設定した場合)、V_{IN1}がVIN_OFF閾値より低くなった場合、またはFAULT_nが外部からローにされた場合(MFR_FAULT_RESPONSEを禁止に設定した場合)です。これらの状況では、負荷へのエネルギー伝達をできるだけ迅速に停止するため、パワー段がデイスエーブルされます。シャットダウン状態には、ソフトスタート状態から入ることもアクティブなレギュレーション状態から入ることもあります。

再試行モードでは、コントローラは、プログラム可能な遅延時間(MFR_RETRY_DELAY)の間にシャットダウンして非アクティブ状態に入ることにより、障害に応答します。出力がデイスエーブルされるとシャットダウンの原因となる障害が消滅する場合は、この遅延によって自動再試行に関連したデューティ・サイクルが最小限に抑えられます。再試行遅延時間は、MFR_RETRY_DELAYコマンドの時間と、安定化出力が設定値の12.5%より低くなるまでに必要な時間の長い方によって決まります。複数の出力が同じFAULT_nピンによって制御される場合は、障害が発生した出力の減衰時間

動作

によって再試行遅延時間が決まります。出力の自然な減衰時間が長すぎる場合は、MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880のビット0をアサートすることにより、MFR_RETRY_DELAYコマンドの電圧条件を取り除くことができます。あるいは、コントローラを設定して、障害発生後にコントローラをラッチオフ状態のままにすることもできます。出力を再イネーブルするには、RUNの切替えや、デバイスをオフにしてからオンにするコマンドの実行などの手動操作が必要です。

軽負荷電流動作

LTC7880には、不連続導通モードと強制連続導通モードという2つのPWM動作モードがあります。モード選択はMFR_PWM_MODE_LTC7880コマンドを使用して行います(不連続導通モードは常に起動モードであり、強制連続モードはデフォルトの実行モードです)。

コントローラが不連続導通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} が上側ゲートの外付けMOSFETをオフにして、インダクタ電流が反転して負にならないようにします。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。インダクタのピーク電流は、 I_{TH} 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導通動作の場合よりも低下します。ただし、連続モードは出力リップルが小さく、オーディオ回路への干渉が少なく済みます。

V_{IN} が V_{OUT} より高い場合の動作

チャンネルの入力電圧が上昇して V_{OUT} の安定化電圧より高くなると、コントローラは、モード、インダクタ電流、および V_{IN} の電圧に応じて異なる動作をすることがあります。強制連続モードでは、 V_{IN} が V_{OUT} を超えると、ループが働いて上側MOSFETを連続的にオン状態に保ちます。 V_{IN} が V_{OUT} を上回っており、かつ上側のゲートがアサートされていない場合、上側FETの寄生ダイオードによって V_{OUT} はハイになります。FETを保護するため、内部チャージ・ポンプはBOOSTピンから昇圧コンデンサに電流を供給し、十分に高いTG電圧を維持します。不連続モードでは、 V_{IN} が V_{OUT} 安定化電圧を上回っており、かつ入出力過電圧閾値を下回っている場合、設定済みの I_{LIM} 電流の約3%をインダクタ電流が上回るとTGはオンします。連続モードでも不連続モードでも、 V_{IN} が入出力過電圧閾値を上回ると、設定済みの入出力過電圧障害応答に従って本コントローラは応答します。

昇圧リフレッシュと内部チャージ・ポンプ

各上側MOSFETドライバはフロート状態のブートストラップ・コンデンサ C_{BOOST} からバイアスされます。このコンデンサは、下側MOSFETがオンすると、通常はそれぞれのサイクル中に外部ダイオードを通じて再充電されます。起動時に、チャンネルがイネーブルになってから100 μ s以内に下側MOSFETがオンしない場合、下側MOSFETは約400nsの間オンになることを強制されます。この強制リフレッシュにより、上側MOSFETを完全にオンさせるのに十分な電圧がBOOST-SW間に発生します。内部チャージ・ポンプはBOOSTnピンに必要なバイアスを維持します。このチャージ・ポンプは、連続モードと不連続モードの両方で常に動作します。

SENSEピンの低コモンモード電圧での動作

I_{SENSE}^+ ピンと I_{SENSE}^- ピンは最低2.5Vのコモンモード電圧で動作できます。この電圧は V_{BIAS} ピンのUVLO閾値より低い値です。最初のページの図は、 V_{BIAS} の電力を V_{OUT} から供給しつつ、 V_{IN} 電源の電圧を2.5Vまで下げることができる代表的なアプリケーションを示しています。この状況の1つの例として、エンジン・スタート条件による負荷がバッテリーにかかる自動車のコールド・クランクが挙げられます。 I_{SENSE}^+ ピンの電圧が2.5Vより低くなると、PWM動作は無効になります。この構成では、本デバイスが低い V_{IN1} 電圧で電力変換を停止しないように、 V_{IN_OFF} コマンド値を2.5V未満に設定する必要があります。

PWMループ補償

LTC7880の内部PWMループ補償抵抗 R_{ITHn} は、MFR_PWM_COMPコマンドのビット[4:0]を使用して調整できます。

LTC7880のPWMエラー・アンプのトランスコンダクタンスは、MFR_PWM_COMPコマンドのビット[7:5]を使用して調整できます。

詳細については、アプリケーション情報のセクションに記載されているプログラム可能なループ補償のサブセクションを参照してください。

動作

スイッチング周波数と位相

PWMのスイッチング周波数は、内部発振器または外部タイム・ベースを使用して設定できます。内部フェーズ・ロック・ループ(PLL)は、クロックを内部で供給するか外部から供給するかにかかわらず、PWM制御をこのタイミング・リファレンスに同期させ、適切な位相関係を維持します。また、表4と表5に概要を示すように、PMBus コマンド、EEPROM 設定、または外付け設定抵抗によって他のICにマスタ・クロックを供給するようにデバイスを構成することもできます。

クロック・マスタとして、LTC7880は、そのオープンドレインのSYNCピンを、選択されたレートと500nsのパルス幅で駆動します。この場合には、SYNCとV_{DD33}の間に外付けプルアップ抵抗が必要です。SYNCに接続した1デバイスのみを指定してこのピンを駆動します。クロック・マスタとしてプログラムされている複数のLTC7880をプルアップ抵抗を使用して同じSYNC線に結線すると、いずれか1つのデバイスだけがクロック信号を供給するよう自動的に選択され、他のデバイスはそのSYNC出力をディスエーブルします。

LTC7880はSYNCの外部入力を自動的に受け付けて、必要に応じてデバイス自体のSYNC駆動回路をディスエーブルします。LTC7880は、SYNCを駆動するように構成されているかどうかにかかわらず、外部クロック信号が後で失われた場合、デバイス自体の内部発振器を使用してPWM動作を継続できます。また、MFR_CONFIG_ALL_LTC7880のビット4を設定することにより、PWM動作のために外部発振器が必ず必要になるようにデバイスをプログラムすることができます。SYNCドライバのステータスは、MFR_PADSのビット10によって示されます。

MFR_PWM_CONFIG_LTC7880コマンドを使用して、各チャンネルの位相を設定できます。また、表5に概要を示すように、目的の位相はEEPROMまたは外付け設定抵抗により設定できます。指定の位相は、SYNCの立下がりエッジと、PWMラッチを設定して上側のパワー・スイッチをオンする内部クロック・エッジとの関係です。PWM制御ピンには、短時間の追加伝搬遅延も適用されます。FREQUENCY_SWITCHコマンドとMFR_PWM_CONFIG_LTC7880コマンドをLTC7880に書き込むには、その前に両方のチャンネルをオフしておく必要があります。

位相関係と周波数は互いに独立しているため、アプリケーションに多数のオプションが生じます。複数のLTC7880を同期して、PolyPhaseアレイを実現できます。この場合には、位相を360/n度で区切ります。ここで、nは出力電圧レールを駆動する位相の数です。

出力電圧の検出

高範囲と低範囲で、チャンネル0の検出ピン(V_{SENSE0+})とチャンネル1の検出ピン(V_{SENSE1+})はGNDを基準にしています。(遠隔測定用)ADCは完全に差動であり、チャンネル0とチャンネル1の出力電圧をそれぞれV_{SENSE0/GND}ピンとV_{SENSE1/GND}ピンで測定します。

出力電流の検出

電力段の総出力電流を検出するため、電力段の出力に接続されたI_{OUT+}ピンとI_{OUT-}ピンの間に検出抵抗を配置します。フィルタ処理された電圧は内蔵ハイサイド電流検出アンプで増幅されLTC7880の遠隔測定ADCでデジタル化されます。この最大差動検出電圧は50mVです。LTC7880は、IOUT_CAL_GAINコマンドに格納されたRの値を使用して入力電流を計算します。パワー段の電流の測定結果は、READ_IOUTコマンドによって返されます。

入力電流の検出

LTC7880は、I_{SENSE0+}/I_{SENSE0-}とI_{SENSE1+}/I_{SENSE1-}の各ピンで入力電流を検出します。LTC7880は、RSENSEまたはインダクタDCRによる電流検出をサポートしています。詳細については、アプリケーション情報のセクションに記載されている値の小さな抵抗による電流検出のサブセクションとインダクタのDCRによる電流検出のサブセクションを参照してください。

PolyPhaseによる負荷分担

必要なピンを接続することにより、複数のLTC7880を並列に接続して、バランスのとれた負荷分担ソリューションを実現できます。図3に、負荷分担に必要な共有接続を示します。

SYNCピンをイネーブルするのは、いずれか1つのLTC7880だけにします。その他のLTC3889は、発振周波数を公称値に設定して、SYNCをディスエーブルするようプログラムします。MFR_PWM_CONFIGコマンドのビット[7]を設定した場合、チャンネル1はチャンネル0の帰還ノードをそのレギュレーション点として使用するようになります。両方のV_{OUT}ピンを互いに接続して、かつ両方のI_{TH}ピンを互いに接続している場合、PolyPhaseアプリケーション以外ではMFR_PWM_CONFIGのビット[7]をアサートしないでください。

動作

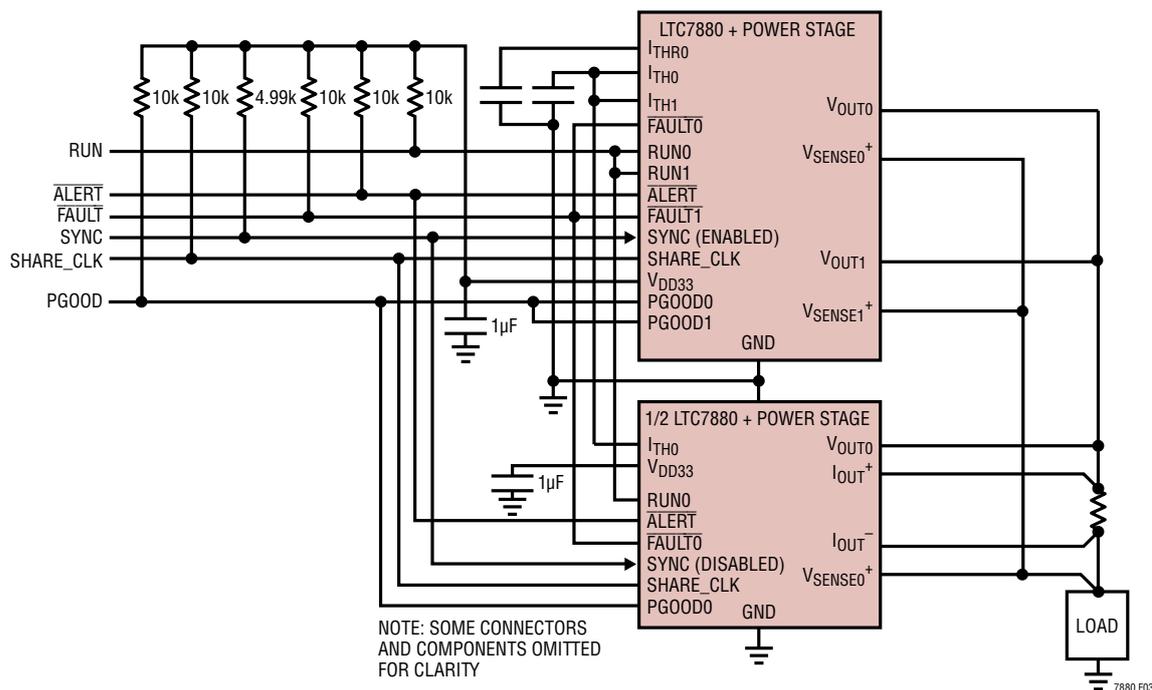


図3.3 相動作に対応した負荷分担接続

外部温度／内部温度の検出

外部温度は、MMBT3906のようなダイオード接続のPNPトランジスタを遠隔で使用して測定するのが最善です。エミッタはTSNSピンに接続する一方で、PNPトランジスタのベース端子とコレクタ端子は、ケルビン接続を使用してLTC7880のGND (ピン53) に接続して直接戻す必要があります。エミッタとコレクタの間のバイパス・コンデンサは、トランジスタの近くに配置する必要があります。2種類の異なる電流(公称 $2\mu\text{A}$ および $32\mu\text{A}$)をダイオードに流して、内蔵の16ビットADCによる ΔV_{BE} 測定から温度を計算します。

また、LTC7880は、 V_{BE} ベースの外部温度の直接測定もサポートしています。この場合は、ダイオードまたはダイオード・ネットワークを特定の電流および温度で特定の電圧に調整します。一般に、この方法では単体のPNPトランジスタの結果と同じ精度には達しませんが、ノイズの多いアプリケーションではうまく機能することがあります。これら2つの外部温度検出設定に関するLTC7880のプログラミングについては、PMBusコマンドの詳細のセクションのMFR_PWM_MODE_LTC7880を参照してください。

温度の計算値はPMBus READ_TEMPERATURE_1コマンドによって返されます。外部温度検出素子の適切なレイアウトと、温度の計算値精度を向上するために使用できるPMBusコマンドの詳細については、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。

READ_TEMPERATURE_2コマンドは、内蔵ダイオードと ΔV_{BE} 測定および計算を使用することにより、LTC7880の内部ジャンクション温度を返します。

RCONFIG(抵抗設定)ピン

$V_{\text{DD}25}$ とGNDの間に1%精度の抵抗分圧器を使用して重要な動作パラメータを選択する6つの入力ピンがあります。これらのピンはASEL0、ASEL1、FREQ_CFG、VOUT0_CFG、VOUT1_CFG、PHAS_CFGです。ピンがフロート状態の場合は、対応するEEPROMコマンドに格納された値を使用します。MFR_CONFIG_ALL_LTC7880設定コマンドのビット6がEEPROMでアサートされると、抵抗入力は電源投入時に無視されますが、ASEL0とASEL1は例外で、常に有効です。抵抗設定ピンが測定されるのは、電源投入時と、RESTORE_USER_ALLコマンドまたはMFR_RESETコマンドの実行時だけです。

動作

VOUT_n_CFG ピンの設定については、表3で説明しています。これらのピンは、LTC7880のアナログPWMコントローラの出力電圧を選択するピンです。ピンがオープンの場合は、VOUT_COMMAND コマンドをEEPROMから読み出して出力電圧を決定します。デフォルト設定は、スイッチャをオフにしておくことです。VOUT_n_CFG 抵抗を接続している場合、PWM動作はオン状態に設定されます。それ以外の場合、デバイスはデフォルトのオフ状態になります。

FREQ_CFG ピンの設定については、表4で説明しています。このピンはスイッチング周波数を選択するピンです。2つのチャンネルとSYNCピンの間の位相関係はPHAS_CFG ピンで設定されます(表5を参照)。外部クロックと同期するには、デバイスを外部クロック・モードにします(SYNC出力はディスエーブルするが周波数は公称値に設定)。外部クロックを入力しない場合、デバイスは設定周波数でクロックを制御します。アプリケーションがマルチフェーズで、デバイス間のSYNC信号が失われると、デバイスは同じ周波数にならず、出力のリプル電圧が大きくなり、場合によっては望ましくない動作が生じます。外部SYNC信号が内部で生成され、外部SYNCを選択していない場合、MFR_PADS_LTC7880のビット10がアサートされます。周波数を選択しておらず、外部SYNC周波数が存在しない場合は、PLL_FAULTが発生します。電源投入時に有効な同期信号がない場合でもPLL_FAULTからのALERTを見たくない場合は、PLL_FAULTに対してALERTマスクを書き込む必要があります。詳細についてはSMBALERT_MASKに関する説明を参照してください。複数のIC間でSYNCピンを接続している場合は、いずれか1つのICのみSYNCピンをイネーブルし、それ以外の全てのICではSYNCピンをディスエーブルするよう設定します。

ASEL0ピンとASEL1ピンの設定については、表6で説明しています。ASEL1は、LTC7880のスレーブ・アドレスの上位3ビットを選択します。ASEL0は、LTC7880のスレーブ・アドレスの下位4ビットを選択します。ASEL1をフロート状態にすると、上位3ビットはEEPROM MFR_ADDRESS コマンドから読み出されます。ASEL0をフロート状態にすると、スレーブ・アドレスの下位4ビットは、EEPROM MFR_ADDRESS コマンドに格納されている下位4ビットを使用して決定します。詳細については、表6を参照してください。

注：PMBusの仕様に従って、ピンでプログラムしたパラメータはデジタル・インターフェースからのコマンドによりオーバーライドできます。ただし、ASEL_nピンは例外で、常に優先されます。デバイス・アドレスは0x5Aまたは0x5Bに設定しないでください。これらはグローバル・アドレスであり、全てのデバイスが応答するようになるからです。パワー・システム・マネージメントのアドレス指定の詳細については、アプリケーション・ノート152を参照してください。

障害の処理

障害および警告の様々な報告と処理の仕組みが用意されています。障害および警告の検出機能は以下のとおりです。

- 入力OV 障害保護およびUV 警告
- 出力OV/UV 障害および警告の保護
- 内部および外部の過熱障害および警告保護
- 外部低温またはUT、障害保護
- CML 障害(通信、メモリ、またはロジック)
- 双方向のFAULT_nピンを介した外部障害検出

MFR_FAULT_PROPAGATE_LTC7880 コマンドは、障害が検出されたときにFAULT_nピンをローにするかどうかを判別します。LTC7880は、FAULT_n応答の伝搬ビットであるMFR_FAULT_PROPAGATE_LTC7880を使用して、障害インジケータの組み合わせのいずれかをFAULT_nピンに対応付けることができます。即時の応答が要求されるコントローラの下流で外部障害を検出する入力としてFAULT_nピンを使用することもできます。

障害や警告のイベントが発生すると、障害または警告がSMBALERT_MASKによってマスクされない限り、ALERTピンはローにアサートされます。CLEAR_FAULTS コマンドが発行される、本デバイスがARAをアクノレージする、障害ビットに1が書き込まれる、バイアス電源が入れ直される、MFR_RESETコマンドが発行される、RUNピンのオフ/オンが切り替えられる、PMBusを介して本デバイスのオフ/オンがコマンドで指定される、のいずれかが行われるまで、このピンはローにアサートされたままになります。

動作

出力と入力の障害イベント処理は、表7～11に規定されているように、対応する障害応答バイトによって制御されます。これらの種類の障害からのシャットダウンは、リトライ型とラッチ型のいずれかになります。リトライ型では障害がラッチされないため、再試行間隔の経過後は障害状態が存在しなくなり、新しいソフトスタートが試みられます。障害が解消されない場合、コントローラは再試行を続行します。再試行間隔はMFR_RETRY_DELAYコマンドによって規定され、電源の入れ直しを繰り返すことによってレギュレータ部品の損傷を防止します。ただし、障害自体が破壊に直結していないことが前提です。MFR_RETRY_DELAYは120msより長くする必要があります。83.88秒を超えることはできません。

ステータス・レジスタとALERTのマスキング

図4は、PMBusコマンドによってアクセス可能なLTC7880の内部ステータス・レジスタをまとめたものです。これらには、各種の障害、警告、およびその他の重要な動作条件の表示が含まれています。ここに示すように、STATUS_BYTEコマンドとSTATUS_WORDコマンドは、他のステータス・レジスタの内容も要約しています。個別の情報についてはPMBusコマンドの詳細を参照してください。

STATUS_BYTEのNONE OF THE ABOVEは、STATUS_WORDの最上位バイトのうちの1ビット以上が設定されていることも示します。

一般に、STATUS_xレジスタにアサートされたビットがあると、ALERTピンはローになります。

SMBALERT_MASKコマンドを使用すると、重要性の低い例外はあるものの、LTC7880がALERTをローにアサートしないようにできます。ALERTがローにアサートされる原因となるSTATUS_イベントは、SMBALERT_MASKコマンドの対応するSTATUS_ビットを1に設定することでマスクできます。これらのマスク設定は、ステータス・ビット自体と同じ方法でSTATUS_WORDおよびSTATUS_BYTEに適用されます。例えば、チャンネル0のSTATUS_VOUTの全てのビットに対してALERTがマスクされると、ALERTが実質的にマスクされる対象ビットは、PAGE 0ではSTATUS_WORDのVOUTビットになります。

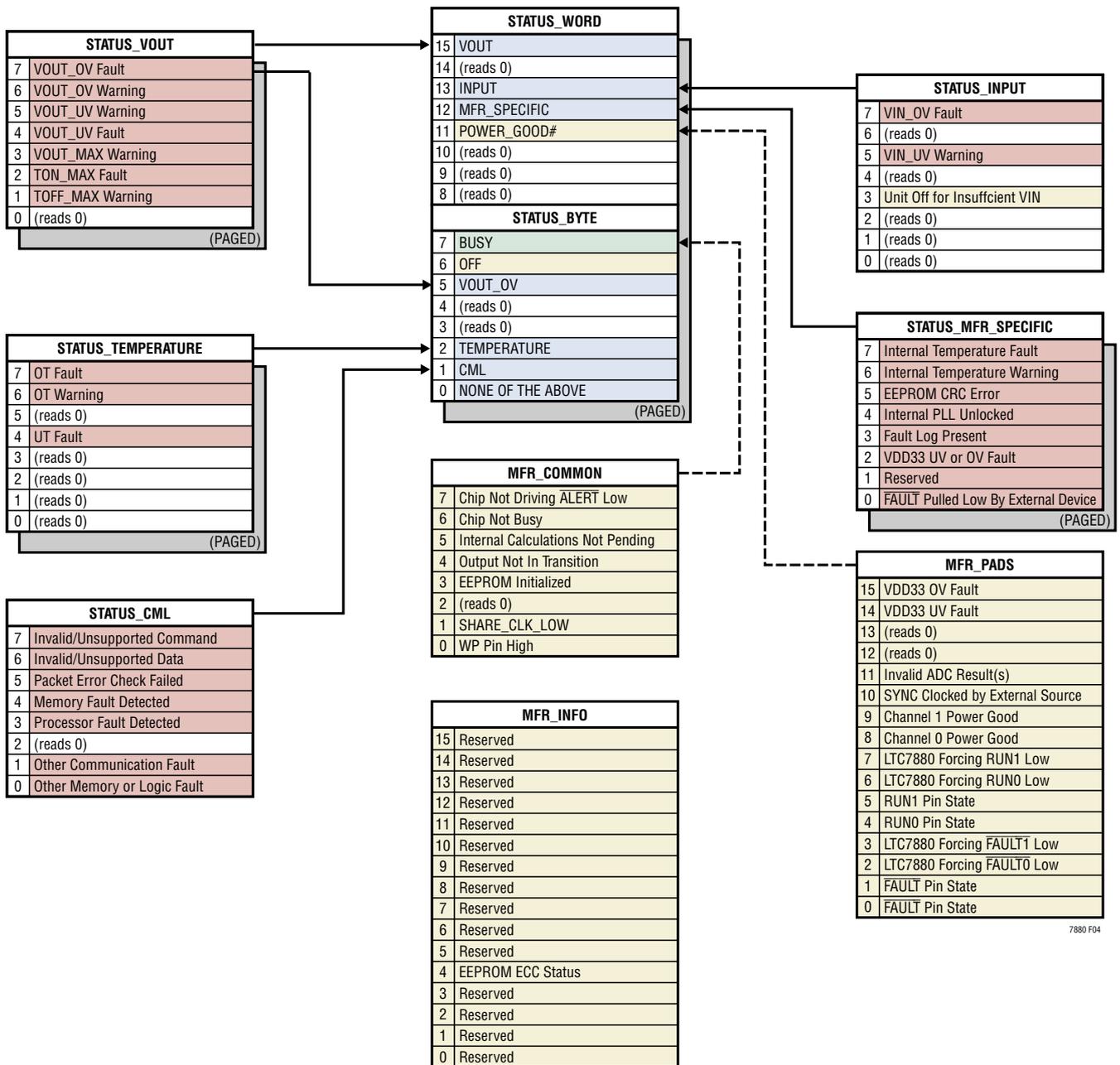
また、STATUS_BYTEのBUSYビットもALERTをローにアサートし、マスクできます。このビットはPMBus通信との様々な内部での相互作用の結果として設定できます。この障害が発生するのは、一方または両方のチャンネルをイネーブルしている状態で安全に実行できないコマンドを受け取った場合です。アプリケーション情報で説明したように、BUSY障害は、いくつかのコマンドを実行する前にMFR_COMMONをポーリングすることで回避できます。

PMBusシステムがクロック・ストレッチングを許容できる場合、MFR_CONFIG_ALL_LTC7880のビット1を1に設定してクロック・ストレッチングを有効にすることで、全てではないとしても、ほとんどのBUSY障害を回避できます。

マスクされている障害が電源投入直後に発生した場合、設定されている全てのマスク情報をEEPROMから取り出す時間がなかったことが原因でALERTが引き続きローになることがあります。

MFR_COMMONおよびMFR_PADSに格納されているステータス情報を使用して、図に示すようにSTATUS_BYTEまたはSTATUS_WORDの内容を更にデバッグするか明確にすることができますが、これらのレジスタの内容はALERTピンの状態には影響しないので、STATUS_BYTEまたはSTATUS_WORDのビットに直接影響することはありません。

動作



7880 F04

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

図 4. LTC7880 ステータス・レジスタの概要

動作

FAULTピンへの障害情報のマッピング

LTC7880の $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンは、チャンネル間で障害情報を共有できます。また、LTC3880、LTC2974、LTC2977、LTM4676 $\mu\text{Module}^{\text{®}}$ など、LTCの全PMBus製品との間でも障害情報を共有できます。内部障害が発生した場合は、バスに接続されている $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンがローになるように、1つまたは複数のLTC7880が設定されます。その後、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンのバスがローになると、他のLTC7880はシャットダウンするように設定されます。グループの自動再試行では、再試行間隔の経過後、LTC7880の障害発生チャンネルが $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンのバスを解放するよう設定され、元の障害は解消されたものとみなされます。その後、グループ内の全てのチャンネルがソフトスタート・シーケンスを開始します。障害応答がLATCH_OFFである場合は、RUNピンがオフ/オンに切り替えられるか、デバイスがオフ/オンをコマンドで指定されるまで、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンはローにアサートされたままです。RUNピンの切替えをピンまたはオフ/オン・コマンドのいずれかで行うと、LTC7880に関連付けられている障害は解消されます。いずれかのRUNピンを切り替えるときに、全ての障害を解消しておくことが望まれる場合は、MFR_CONFIG_ALL_LTC7880のビット0を1に設定します。

全ての障害および警告のステータスは、STATUS_WORDコマンドとSTATUS_BYTEコマンドで要約されます。

パワーグッド・ピン

LTC7880のPGOOD $_n$ ピンは、内部MOSFETのオープンドレインに接続されています。チャンネルの出力電圧がチャンネルのUVおよびOV電圧閾値範囲内に入っていないと、MOSFETによってPGOOD $_n$ ピンはローになります。TON_DELAYとTON_RISEのシーケンス制御時に、PGOOD $_n$ ピンはローに保持されます。また、PGOOD $_n$ ピンは、それぞれのRUN $_n$ ピンがローになったときもローになります。PGOOD $_n$ ピンの応答は、内部の60 μs デジタル・フィルタによってグリッチが除去されます。PGOOD $_n$ ピンとPGOODのステータスは、最大10 μs の内部通信遅延が原因で異なる場合があります。

シリアル・インターフェース

LTC7880のシリアル・インターフェースはPMBus準拠のスレーブ・デバイスであり、10kHz~400kHzの間の任意の周波数で動作できます。アドレスはEEPROMまたは外付け抵抗分圧器のいずれかを使用して設定可能です。更に、LTC7880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・アドレス)または0x5B(7ビット・アドレス)には必ず応答します。

シリアル・インターフェースは、PMBus仕様に規定された、以下のプロトコルをサポートします。1) コマンド送信、2) バイト書込み、3) ワード書込み、4) グループ、5) バイト読出し、6) ワード読出し、7) ブロック読出し、8) ブロック書込み、9) PAGE_PLUS_READ、10) PAGE_PLUS_WRITE、11) SMBALERT_MASK読出し、および12) SMBALERT_MASK書込み。PMBusマスタがPECを要求した場合、全ての読出し動作は有効なPECを返します。MFR_CONFIG_ALL_LTC7880コマンドのPEC_REQUIREDビットを設定した場合は、LTC7880が有効なPECを受け取るまでPMBus書込み動作は実行されません。

通信保護

PEC書込みエラー(PEC_REQUIREDがアクティブな場合)はCML障害の原因となります。PECがアクティブな場合、通信は適切なPECバイトを保持している必要があります。さもないとコマンドは無視されます。PECがアクティブではないが通信がPECと共に送られた場合、LTC7880はコマンドを適切に処理します。PECエラーが発生すると、本デバイスはCMLパケット・エラー・チェックの障害に対応します。STATUS_BYTEコマンドとSTATUS_WORDコマンドのCMLビットが設定され、STATUS_CMLコマンドの該当ビットが設定されて、ALERTピンがローになります。

デバイスのアドレス指定

LTC7880のPMBusインターフェースを介したアドレス指定には、次の4種類が用意されています。1) グローバル、2) デバイス、3) レールによるアドレス指定および4) アラート応答アドレス(ARA)。

グローバル・アドレス指定は、バス上の全てのLTC7880デバイスのアドレスを指定する手段をPMBusマスタに提供します。LTC7880のグローバル・アドレスは固定された0x5A(7ビット・アドレス)であり、0xB4(8ビット・アドレス)はページ指定されておらず無効化できません。グローバル・アドレスに送信されたコマンドは、PAGEの値を0xFFに設定した場合と同じ動作になります。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・アドレス)または0xB6(8ビット・アドレス)はページ指定され、バス上にある全てのLTC7880デバイスのチャンネル固有のコマンドが可能です。LTC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に応答できません。このため、グローバル・アドレスからは読み出さないでください。

動作

レールのアドレス指定は、互いに接続している全てのチャンネルと同時に通信して、1つの出力電圧を生成する手段をバス・マスタに提供します (PolyPhase)。更に、グローバル・アドレス指定の場合と同様、ページ指定された MFR_RAIL_ADDRESS コマンドを使用してレール・アドレスを動的に割り当て、信頼できるシステム制御に必要なと思われるチャンネルの任意の論理的グループ化が可能になります。LTC の複数のデバイスが応答する可能性があるため、レール・アドレスからは読み出さないでください。

デバイスのアドレス指定は、PMBus マスタが LTC7880 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、設定ピン ASEL0 および ASEL1 と MFR_ADDRESS コマンドとの組み合わせによって設定します。デバイスのアドレス指定は、MFR_ADDRESS に 0x80 という値を書き込むと無効になります。

以上の4つの PMBus アドレス指定方法は、いずれも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・アドレスとレール・アドレスでの LTC7880 デバイスへの通信は、書き込み動作を実行するコマンドに限定してください。

V_{OUT} 障害に対する応答

V_{OUT} の OV 状態と UV 状態はコンパレータによってモニタされます。OV と UV のリミットは以下の3つの方法で設定します。

- 抵抗設定ピンを使用する場合は V_{OUT} のパーセント値として設定する
- 出荷時または GUI を介してプログラムする場合は EEPROM で設定する
- PMBus コマンドによって設定する

LTC7880 内部のデジタル・プロセッサは、障害を無視する機能、シャットダウンしてラッチオフする機能、またはシャットダウンして無期限に再試行する (再試行) 機能を備えています。OV に対するハードウェア応答は、ディスエーブルできません。詳細は次のセクションを参照してください。再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY で設定され、120ms ~ 83.88 秒まで 1ms 刻みで設定できます。V_{OUT} OV/UV に応じたシャットダウンは、直ちに実行することも、選択可能なデグリッチ時間の経過後に実行することもできます。

出力過電圧障害の応答

プログラム可能な過電圧コンパレータ (OV) は、出力でのトランジェント・オーバーシュートや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、下側 MOSFET はオフし、上側 MOSFET はオンして、過電圧状態が解消されるまでこの状態が続きます。上側ゲートをアサートするアナログ OV 応答は無視できません。しかし、OV 障害を検出した場合、デジタル応答はチャンネルをディスエーブルできます。これにより、上側 MOSFET のボディ・ダイオードでの消費電力を最小限に抑えることができます。このハードウェア・レベルの障害応答遅延時間は、過電圧状態から TG がハイにアサートされるまで代表値で 2μs です。VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドを使用すると、次のいずれかの動作を選択できます。

- 無視 (推奨)
 - これにより、TG 信号がオンします。
- 即座にシャットダウン (スイッチング停止) — ラッチオフ
 - これにより、TG 信号がオフします。
- 即座にシャットダウン — MFR_RETRY_DELAY で指定した時間間隔を使用して無期限に再試行

ラッチオフまたは再試行のいずれの障害応答でも、(0~7)・10μs 刻みでグリッチを除去できます。表7を参照してください。

出力低電圧の応答

低電圧コンパレータの出力に対する応答は、以下のいずれかになります。

- 無視
- 即座にシャットダウン — ラッチオフ
- 即座にシャットダウン — MFR_RETRY_DELAY で指定した時間間隔を使用して無期限に再試行

UV の応答はグリッチを除去できます。表8を参照してください。

動作

ピーク入力過電流の応答

電流モード制御アルゴリズムにより、インダクタ両端のピーク出力電流は、常にサイクル単位で制限されます。ピーク電流制限の値は I_{SENSEn}^+ ピンと I_{SENSEn}^- ピンの間の電圧として仕様規定されています。電流制限回路は、 I_{TH} の最大電圧を制限することによって動作します。DCR の検出を使用する場合、 I_{TH} の最大電圧には、インダクタの DCR の温度係数に正比例する温度依存性があります。LTC7880 は外部の温度センサーを自動的にモニタし、 I_{TH} の許容最大値を変更してこの項を補償します。

タイミング障害に対する応答

$TON_MAX_FAULT_LIMIT$ は、 V_{OUT} が起動時に上昇して安定するまでの許容時間です。出力はソフトスタート・シーケンスを経ているので、 $TON_MAX_FAULT_LIMIT$ の条件は $V_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}$ を超えることで成立します。 $TON_MAX_FAULT_LIMIT$ の時間が始まるのは、 TON_DELAY に達してソフトスタート・シーケンスが始まった後です。 $TON_MAX_FAULT_LIMIT$ の分解能は $10\mu s$ です。 $TON_MAX_FAULT_LIMIT$ の時間以内に $V_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}$ に達しない場合、この障害の応答は $TON_MAX_FAULT_RESPONSE$ コマンドの値によって決まります。この応答は以下のいずれかの状態にできます。

- 無視
- 即座にシャットダウン(スイッチング停止)—ラッチオフ
- 即座にシャットダウン— MFR_RETRY_DELAY で指定した時間間隔で無期限に再試行

この障害応答のグリッチは除去されません。 $TON_MAX_FAULT_LIMIT$ の値が 0 の場合は、障害が無視されることを意味します。 $TON_MAX_FAULT_LIMIT$ は、 TON_RISE の時間より長い値に設定します。

表 10 を参照してください。

V_{IN} の 0V 障害に対する応答

V_{IN} の過電圧は ADC を使用して測定します。応答のグリッチは ADC の代表的な応答時間である $90ms$ までに除去されず。障害の応答は以下のとおりです。

- 無視(推奨)
- 即座にシャットダウン-ラッチオフ
- 即座にシャットダウン- MFR_RETRY_DELAY で指定した時間間隔を使用して無期限に再試行

表 10 を参照してください。

OT/UT 障害に対する応答

内部過熱障害/警告の応答

内部温度センサーは EEPROM を損傷から保護します。 $85^{\circ}C$ より高い場合、EEPROM への書込みは推奨しません。 $130^{\circ}C$ より高い場合は内部過熱警告閾値を超えるので、デバイスは $RESTORE_USER_ALL$ および MFR_RESET 以外の全ての EEPROM 関連コマンドに対して NACK を返し、無効なコマンドやサポートされていないコマンドに対して CML 障害信号を出力します。EEPROM の動作が完全に再イネーブルされるのは、内部温度が $125^{\circ}C$ より低くなったときです。ダイ温度が $160^{\circ}C$ を超えると、内部過熱障害応答が有効になり、PWM は無効になって、ダイ温度が $150^{\circ}C$ より低くなるまで続きます。温度は ADC により測定されます。内部温度障害は無視できません。内部温度リミットは調整できません。

表 9 を参照してください。

動作

外部過熱障害および低温障害の応答

外部温度センサーを使用して、インダクタやパワーMOSFETのような重要な回路素子の温度を検出できます。OT_FAULT_RESPONSE コマンドおよび UT_FAULT_RESPONSE コマンドを使用して、過熱状態および低温状態に対する適切な応答をそれぞれ決定します。外付けの温度検出素子を使用しない(非推奨)場合は、UT_FAULT_RESPONSE を無視するよう設定し、UT_FAULT_LIMIT を -275°C に設定します。ただし、外付けの温度検出素子を使用しないことは推奨しません。

障害の応答は以下のとおりです。

- 無視
- 即座にシャットダウン—ラッチオフ
- 即座にシャットダウン—MFR_RETRY_DELAY で指定した時間間隔を使用して無期限に再試行

表 10 を参照してください。

外部障害に対する反応

いずれかの $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンがローになると、MFR_PADS コマンドのそれぞれの $\overline{\text{FAULT}}_n$ ビットがデアサートされ、STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドの $\overline{\text{FAULT}}_n$ ビットが設定され、STATUS_BYTE コマンドの NONE_OF_THE_ABOVE ビットが設定されて、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがローになります。応答のグリッチは除去されません。各チャンネルは、MFR_FAULT_RESPONSE コマンドを変更することにより、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンがローになるのに応じて、無視するよう設定するか、シャットダウンしてから再試行するように設定できます。 $\overline{\text{FAULT}}$ がローになったときに $\overline{\text{ALERT}}$ ピンがローにアサートされないようにするには、MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880 のビット 1 をアサートするか、SMBALERT_MASK コマンドを使用して $\overline{\text{ALERT}}$ をマスクします。

障害ログ

LTC7880 は障害ログ機能を備えています。データは表 12 に示す順にメモリに記録されます。データは RAM の常時更新バッファに格納されます。障害が発生すると、障害ログのバッファが RAM のバッファから EEPROM にコピーされます。障害ログは 85°C より高い温度でも可能ですが、10 年のデータ保持期間は保証されません。ダイ温度が 130°C を超えると、障害ログは遅延し、ダイ温度が 125°C 未満に低下するまで遅延したままです。障害ログ・データは、MFR_FAULT_

LOG_CLEAR コマンドが発行されるまで EEPROM に残ります。このコマンドを発行すると、障害ログ機能は再度有効化されます。障害ログを再度有効化する前に、障害が存在しないこと、および CLEAR_FAULTS コマンドが発行されていることを確認してください。

LTC7880 は、起動するリセット状態を抜けると、EEPROM を検査して有効な障害ログの有無を確認します。EEPROM に有効な障害ログが存在する場合は、STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドの「Valid Fault Log」ビットが設定され、 $\overline{\text{ALERT}}$ イベントが生成されます。また、LTC7880 が MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドを受け取るまで障害ログは遮断されるので、障害ログが再度有効になるのはその後です。

コントローラをディスエーブルする障害が発生すると、情報は EEPROM に格納されます。 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンを外部からローにした場合、障害ログは作動しません。

バスのタイムアウト保護

シリアル・インターフェースで障害が解消しない状況を防ぐため、LTC7880 はタイムアウト機能を実装しています。データ・パケット・タイマーはデバイス・アドレス書込みバイトの前の最初の 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 30ms 以内に完了する必要があります。この時間を超過すると、LTC7880 はバスをスリーステートにして、与えられたデータ・パケットを無視します。時間を長くすることが必要な場合は、MFR_CONFIG_ALL_LTC7880 のビット 3 をアサートして、代表的なバスのタイムアウトである 255ms を可能にします。データ・パケットの情報には、デバイス・アドレスのバイト書込み、コマンド・バイト、反復スタート・イベント(読出し動作の場合)、デバイス・アドレスのバイト読出し(読出し動作の場合)、全てのデータ・バイト、および PEC バイト(該当する場合)が含まれます。

LTC7880 では、ブロック読出しデータ・パケットの長さ按比例する PMBus タイムアウトが可能です。本デバイスは 32 バイトを上回る全てのバイト長に 1ms を追加します。追加のブロック読出しタイムアウトは主に MFR_FAULT_LOG コマンドに適用されます。タイムアウトの時間は、デフォルトでは 30ms です。

シリアル・バス・インターフェースを共有する全てのデバイス間の効率的なデータ・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。LTC7880 は、PMBus の周波数範囲である 10kHz ~ 400kHz の全域をサポートしています。

動作

PMBus、SMBus、およびI²C 2線インターフェースの類似点

PMBus 2線インターフェースは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プロトコルは持続的なバス・エラーを防ぐタイムアウトと、データの完全性を確保するオプションのパケット・エラー・チェック(PEC)機能を備えているので、PMBus/SMBusプロトコルはシンプルなI²Cのバイト・コマンドより堅牢です。通常、I²C通信用に構成できるマスタ・デバイスは、ハードウェアまたはファームウェアにわずかな変更を加えるか、まったく変更することなくPMBus通信に使用できます。反復スタート(リスタート)は、全てのI²Cコントローラでサポートされているわけではありませんが、SMBus/PMBusの読出しには必要です。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。

LTC7880はSMBusクロックの最高速度である100kHzに対応しており、MFR_COMMONのポーリングまたはクロック・ストレッチングを有効にしている場合は、より高速のPMBus仕様(100kHz~400kHz)と互換性があります。堅牢な通信および動作については、PMBusコマンドの概要の注記のセクションを参照してください。クロック・ストレッチングは、MFR_CONFIG_ALL_LTC7880のビット1をアサートすることにより有効になります。

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 1.1』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。

PMBus シリアル・デジタル・インターフェース

LTC7880は、標準のPMBusシリアル・バス・インターフェースを使用してホスト(マスタ)と通信します。バス上の信号のタイミング関係をタイミング図(図5)に示します。バスを使用していないときは、2本のバスライン(SDAとSCL)をハイにする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

LTC7880はスレーブ・デバイスです。マスタは以下の形式でLTC7880と通信できます。

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

以下のPMBusプロトコルがサポートされています。

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

前述のPMBusプロトコルを図6~23に示します。全てのトランザクションはPEC(パケット・エラー・チェック)およびGCP(グループ・コマンド・プロトコル)をサポートしています。ブロック読出しは、255バイトの戻りデータに対応しています。したがって、障害ログを読み出すときにはPMBusのタイムアウトを延長できます。

図6は、このセクションに示すプロトコル図の最重要項目を表しています。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・レシーバーに送信する。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。最初のアクノレッジ(スレーブ・レシーバーによる)の時点で、マスタ・トランスミッタはマスタ・レシーバーになり、スレーブ・レシーバーがスレーブ・トランスミッタになります。
- 複合フォーマット。伝送中に方向が変化する時点で、マスタは開始条件とスレーブ・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・レシーバーは伝送の最後のバイトと停止条件に対してNACKを生成して伝送を中止します。

凡例については、図6を参照してください。

堅牢なシステム通信を確保するため、ハンドシェイク機能が組み込まれています。詳細については、アプリケーション情報のセクションに記載されているPMBus通信とコマンド処理のサブセクションを参照してください。

動作

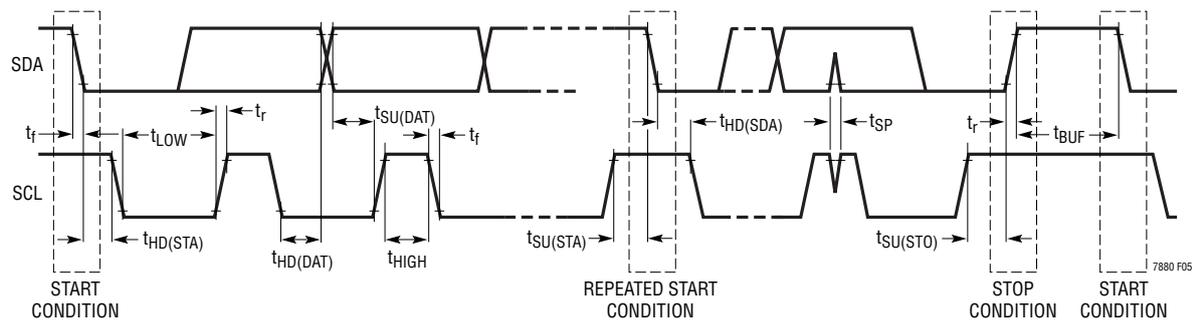


図5. タイミング図

表1. サポートされているデータ・フォーマットの略号

	PMBus		LTCの用語	定義	例
	用語	仕様のリファレンス			
L11	Linear	Part II ¶ 7.1	Linear_5s_11s	浮動小数点16ビット・データ: 値 = $Y \cdot 2^N$ 、ここで $N = b[15:11]$ 、 $Y = b[10:0]$ 、どちらも2の補数形式の2進整数	$b[15:0] = 0x9807 = 10011_000_0000_0111$ 値 = $7 \cdot 2^{-13} = 854E-6$
L16	Linear VOUT_MODE	Part II ¶ 8.2	Linear_16u	浮動小数点16ビット・データ: 値 = $Y \cdot 2^{-10}$ 、ここで $Y = b[15:0]$ 、符号なし整数	$b[15:0] = 0x4C00 = 0100_1100_0000_0000$ 値 = $19456 \cdot 2^{-10} = 19$
CF	DIRECT	Part II ¶ 7.2	Varies	PMBusコマンドの詳細な説明で定義されたカスタム形式の16ビット・データ	多くの場合、符号なしまたは2の補数形式の整数
Reg	Register Bits	Part II ¶ 10.3	Reg	PMBusコマンドの詳細な説明で定義されたビットごとの意味	PMBus STATUS_BYTEコマンド*
ASC	Text Characters	Part II ¶ 22.2.1	ASCII	ISO/IEC 8859-1 [A05]	LTC (0x4C5443)

動作

- S START CONDITION
 - Sr REPEATED START CONDITION
 - Rd READ (BIT VALUE OF 1)
 - Wr WRITE (BIT VALUE OF 0)
 - A ACKNOWLEDGE (THIS BIT POSITION MAY BE 0 FOR AN ACK OR 1 FOR A NACK)
 - P STOP CONDITION
 - PEC PACKET ERROR CODE
 - MASTER TO SLAVE
 - SLAVE TO MASTER
 - ... CONTINUATION OF PROTOCOL
- 7880 F06

図6. PMBus パケット・プロトコル図の凡例

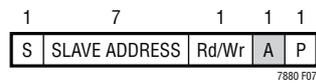


図7. クイック・コマンド・プロトコル

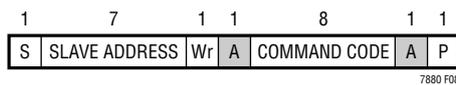


図8. バイト送信プロトコル

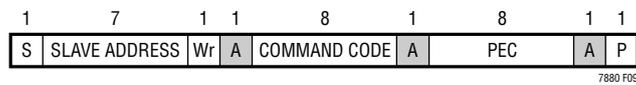


図9. PEC 付きバイト送信プロトコル

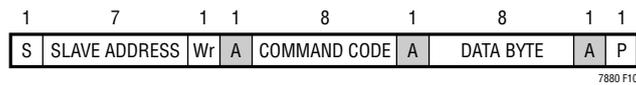


図10. バイト書き込みプロトコル

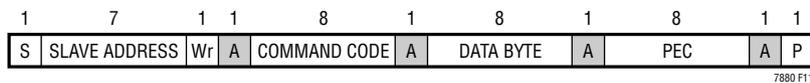


図11. PEC 付きバイト書き込みプロトコル

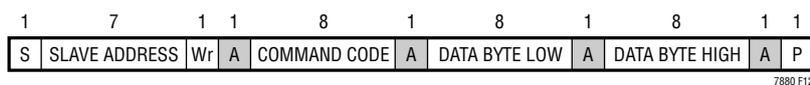


図12. ワード書き込みプロトコル

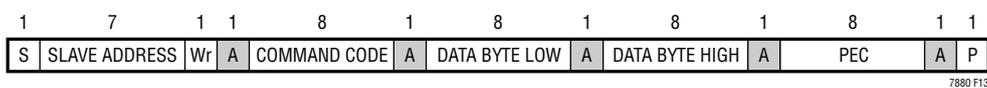


図13. PEC 付きワード書き込みプロトコル

動作

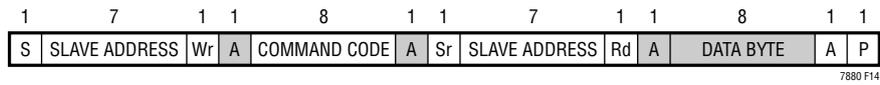


図 14. バイト読出しプロトコル

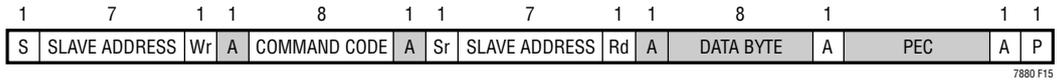


図 15. PEC 付きバイト読出しプロトコル



図 16. ワード読出しプロトコル

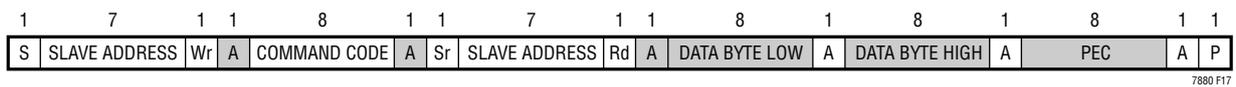


図 17. PEC 付きワード読出しプロトコル

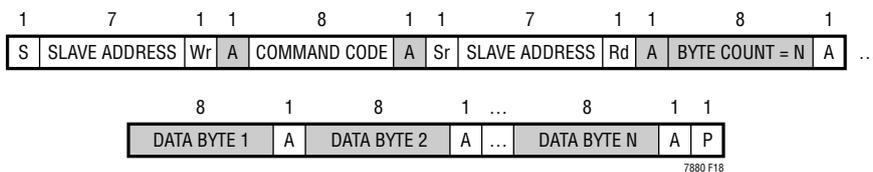


図 18. ブロック読出しプロトコル

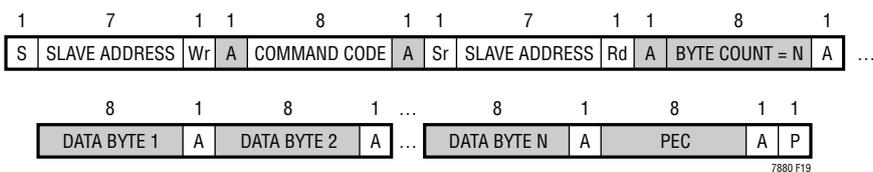


図 19. PEC 付きブロック読出しプロトコル

動作

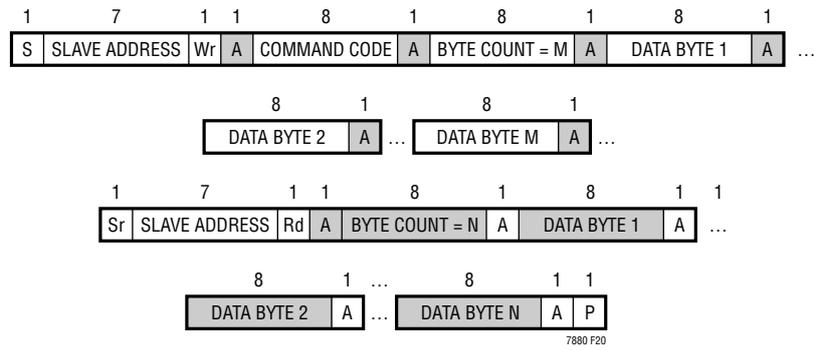


図 20. ブロック書き込み - ブロック読出しプロセス呼び出し

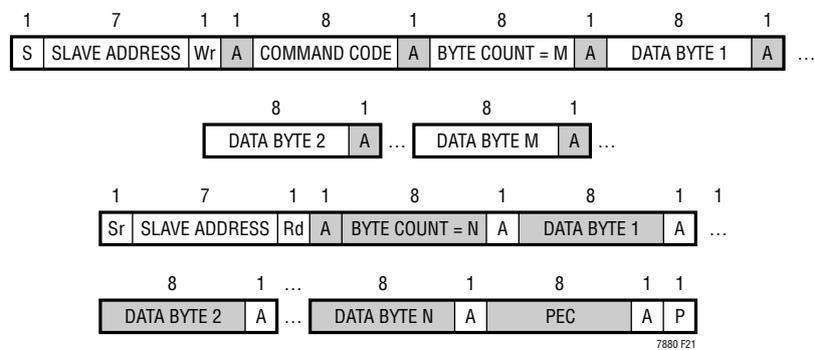


図 21. ブロック書き込み - PEC 付きブロック読出しプロセス呼び出し

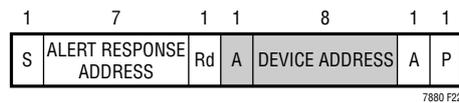


図 22. アラート応答アドレス・プロトコル

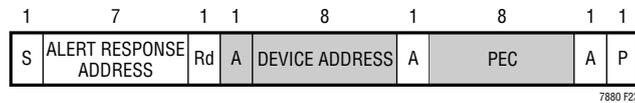


図 23. PEC 付きアラート応答アドレス・プロトコル

PMBus コマンドの概要

PMBus コマンド

以下の表は、サポートされている PMBus コマンドとメーカー固有の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 Mgt Protocol Specification』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形態を下記の表2に示します。「デフォルト値」の列に記載されている浮動小数点の値は、16ビット符号付きLinearフォーマット(前述のPMBus 文献のセクション 8.3.1)またはLinear_5s_11sフォーマット(PMBus 文献のセクション 7.1)で、コマンドにとっていずれか適切な方になります。この表に記載されていない0xD0~0xFFの全コマンドは、メーカーによって暗に予備とされています。この範囲内のコマンドを不用意に書き込まないようにして、デバイスの望ましくない動作を回避する必要があります。この表に記載されていない0x00~0xCFの全コマンドは、メーカーによって暗にサポート対象外にされています。サポート対象

外のコマンドまたは予備のコマンドにアクセスしようとする、CMLコマンド障害が発生する可能性があります。出力電圧の全ての設定値および測定値は、VOUT_MODE 設定値 0x16に基づいています。これは、言い換えると指数の 2^{-10} になります。

PMBus コマンドの受信速度が処理速度を超えると、デバイスはビジー状態となり、コマンドを新たに処理できなくなる場合があります。このような状況では、デバイスは『PMBus Specification v1.1, Part II, Section 10.8.7』に規定されているプロトコルに従って、ビジーであることを通知します。デバイスは、ビジー・エラーをなくして、エラー処理ソフトウェアを簡素化しつつ、堅牢な通信とシステム動作を確保するハンドシェイク機能を備えています。詳細についてはアプリケーション情報のセクションに記載されている PMBus 通信とコマンド処理のサブセクションを参照してください。

表2. 概要 (注: データ・フォーマットの略号はこの表の最後に詳細を記載)

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	ページ
PAGE	0x00	複数ページの PMBus デバイスとの統合を実現します。	R/W Byte	N	Reg			0x00	67
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、マージン・ハイおよびマージン・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x40	71
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUN ピンおよび PMBus バスのオン/オフ・コマンドの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E	71
CLEAR_FAULTS	0x03	設定されている全ての障害ビットをクリアします。	Send Byte	N				NA	96
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	指定されたページにコマンドを直接書き込みます。	W Block	N					67
PAGE_PLUS_READ	0x06	指定されたページからコマンドを直接読み出します。	Block R/W	N					68
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。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00	68
STORE_USER_ALL	0x15	動作メモリをEEPROMに格納します。	Send Byte	N				NA	106
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリをEEPROMから復元します。	Send Byte	N				NA	107
CAPABILITY	0x19	このデバイスによってサポートされている PMBus オプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0	95
SMBALERT_MASK	0x1B	ALERT の動作をマスクします。	Block R/W	Y	Reg		Y	コマンド参照。	97
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のフォーマットおよび指数。	R Byte	Y	Reg			2^{-10} 0x16	77
VOUT_COMMAND	0x21	公称の出力電圧設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	24 0x6000	78
VOUT_MAX	0x24	VOUT_MARGIN_HI を含む、コマンドで指定した出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	60 0xF000	77
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	マージン・ハイの出力電圧設定値。VOUT_COMMAND より大きくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	25.2 0x64CD	78

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	ページ
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	マージン・ローの出力電圧設定値。VOUT_COMMAND より小さくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	22.8 0x5B33	79
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	VOUT に新しい値が指定されたときに出力電圧が変化する速度。	R/W Word	Y	L11	V/ms	Y	0.25 0xAA00	84
FREQUENCY_SWITCH	0x33	コントローラのスイッチング周波数。	R/W Word	N	L11	kHz	Y	250 0xF3E8	75
VIN_ON	0x35	デバイスが電力変換を開始する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	6.5 0xCB40	76
VIN_OFF	0x36	デバイスが電力変換を停止する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	6.0 0xCB00	76
IOUT_CAL_GAIN	0x38	電流検出ピンでの電圧と検出した電流との比。固定の電流検出抵抗を使用するデバイスの場合、それは抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	5.0 0xCA80	80
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	26.4 0x699A	77
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	87
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	25.8 0x6733	78
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	22.2 0x58CD	79
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	21.6 0x5666	79
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	88
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部過熱障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	100.0 0xEB20	82
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	91
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部過熱警告のリミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	85.0 0xEAA8	83
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部低温障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	-40.0 0xE580	83
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部低温障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	91
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	入力電源の過電圧障害のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	40 0xE280	76
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	86
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	入力電源の低電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	6.3 0xCB26	76
IIN_OC_FAULT_LIMIT	0x5B	入力過電流障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	25 0xDB20	81
TON_DELAY	0x60	RUN または OPERATION (あるいはその両方) でのオンの指示から出力レールがオンするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000	83
TON_RISE	0x61	出力電圧が上昇し始めてから VOULT のコマンド指定値に達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	8.0 0xD200	84

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	ページ
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	TON_RISEの開始からVOUTがVOUT_UV_FAULT_LIMITを超えるまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	10.00 0xD280	84
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	89
TOFF_DELAY	0x64	RUNまたはOPERATIONのオフからTOFF_FALLランプの開始までの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000	84
TOFF_FALL	0x65	出力が低下し始めてから出力が0Vに達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	8.00 0xD200	85
TOFF_MAX_WARN_LIMIT	0x66	TOFF_FALL完了後、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	150.0 0xF258	85
STATUS_BYTE	0x78	デバイスの障害条件の1バイトの要約。	R/W Byte	Y	Reg			NA	98
STATUS_WORD	0x79	デバイスの障害条件の2バイトの要約。	R/W Word	Y	Reg			NA	98
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA	99
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源の障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA	99
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA	100
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリの障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA	100
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有の障害および状態の情報。	R/W Byte	Y	Reg			NA	101
READ_VIN	0x88	V _{IN1} ピンで測定された入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	103
READ_IIN	0x89	測定された入力電源電流。	R Word	Y	L11	A		NA	103
READ_VOUT	0x8B	測定された出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	103
READ_IOUT	0x8C	測定されたチャンネル0出力電流。	R Word	N	L11	A		NA	104
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外部温度センサーの温度。これは、MFR_IIN_CAL_GAINを含む全ての温度関連処理に使用される値です。	R Word	Y	L11	C		NA	104
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ダイのジャンクション温度。他のコマンドには影響しません。	R Word	N	L11	C		NA	104
READ_FREQUENCY	0x95	測定されたPWMスイッチング周波数。	R Word	N	L11	kHz		NA	104
READ_POUT	0x96	計算による出力電力。	R Word	N	L11	W		NA	104
READ_PIN	0x97	計算による入力電力。	R Word	Y	L11	W		NA	104
PMBUS_REVISION	0x98	このデバイスがサポートするPMBusのリビジョン。現在のリビジョンは1.2です。	R Byte	N	Reg			0x22	95
MFR_ID	0x99	LTC7880のメーカーID(ASCII)。	R String	N	ASC			LTC	95
MFR_MODEL	0x9A	メーカーの製品番号(ASCII)	R String	N	ASC			LTC7880	95
MFR_VOUT_MAX	0xA5	許容最大出力電圧。VOUT_OV_FAULT_LIMITを含む。	R Word	Y	L16	V		60 0xF000	80
IC_DEVICE_ID	0xAD	ICの識別情報。	R String	N	ASC			LTC7880	95
IC_DEVICE_REV	0xAE	ICのリビジョン。	R String	N	ASC			ACA0	95
USER_DATA_00	0xB0	OEMの予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	94
USER_DATA_01	0xB1	メーカーによるLTpowerPlay用の予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	94

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	ページ
USER_DATA_02	0xB2	OEMの予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA	94
USER_DATA_03	0xB3	使用可能なEEPROMワード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	94
USER_DATA_04	0xB4	使用可能なEEPROMワード。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	94
MFR_INFO	0xB6	製造固有の情報。	R Word	N	Reg			NA	102
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	弊社にお問い合わせください。						NA	112
MFR_EE_ERASE	0xBE	弊社にお問い合わせください。						NA	112
MFR_EE_DATA	0xBF	弊社にお問い合わせください。						NA	112
MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1D	70
MFR_CONFIG_ALL_LTC7880	0xD1	汎用の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x21	70
MFR_FAULT_PROPAGATE_LTC7880	0xD2	どの障害をFAULTピンに伝搬するかを決定する設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x6993	92
MFR_PWM_COMP	0xD3	PWMループ補償の設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x70	73
MFR_PWM_MODE_LTC7880	0xD4	PWMエンジン用の設定	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC1	72
MFR_FAULT_RESPONSE	0xD5	FAULTピンが外部からローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0	93
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	内部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R Byte	N	Reg			0xC0	89
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IOUTの最大測定値を報告します。	R Word	N	L11	A		NA	104
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	高速のADC読出しを繰り返す場合に選択されるADCの遠隔測定パラメータ。	R/W Byte	N	Reg			0x00	105
MFR_VOUT_START	0xDA	出力電圧ランプの立上りの開始電圧。 出力電圧ランプの立下りの終了電圧。	R/W Word	Y	L16	V	Y	18 0x4800	79
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	350.0 0xFABC	86
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	LTC7880がRUNピンをローに保持する最小時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	500.0 0xFBE8	85
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VOUTの最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA	105
MFR_VIN_PEAK	0xDE	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_VINの最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA	105
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降での外部温度(READ_TEMPERATURE_1)の最大測定値。	R Word	Y	L11	C		NA	106
MFR_IIN_PEAK	0xE1	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IINコマンドの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA	106
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	全てのピーク値をクリアします。	Send Byte	N				NA	98
MFR_PADS	0xE5	I/Oパッドのデジタル・ステータス。	R Word	N	Reg			NA	101
MFR_ADDRESS	0xE6	7ビットのI ² Cアドレス・バイトを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4F	69
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC7880とリビジョンを表すメーカー・コード。	R Word	N	Reg			0x49EX	95

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値	ページ
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	Y	L11	mΩ	Y	3.0 0xC300	81
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM への障害ログの転送をコマンドで指定します。	Send Byte	N				NA	108
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	障害ログの予備として確保された EEPROM ブロックを初期化します。	Send Byte	N				NA	112
MFR_FAULT_LOG	0xEE	障害ログのデータ・バイト。	R Block	N	Reg		Y	NA	108
MFR_COMMON	0xEF	多くの LTC チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA	102
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	電流コマンドの内容を EEPROM と比較します。	Send Byte	N				NA	107
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での内部ダイ温度のピーク値。	R Word	N	L11	C		NA	106
MFR_PWM_CONFIG_LTC7880	0xF5	位相制御など、DC/DC コントローラの多くのパラメータを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x10	74
MFR_IIN_CAL_GAIN_TC	0xF6	電流検出素子の温度係数。	R/W Word	Y	CF	ppm/ °C	Y	0 0x0000	80
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部温度センサーの勾配を設定します。	R/W Word	Y	CF		Y	1.0 0x4000	82
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	外部温度センサーのオフセットを -273.1°C を基準にして設定します。	R/W Word	Y	L11	C	Y	0.0 0x8000	82
MFR_RAIL_ADDRESS	0xFA	PolyPhase 出力の共通パラメータを調整するための共通アドレス。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	69
MFR_RESET	0xFD	電源の遮断が不要のコマンドによるリセット。	Send Byte	N				NA	71

Note 1: EEPROM の列に Y が表示されているコマンドは、これらのコマンドが STORE_USER_ALL コマンドを使用して格納され、RESTORE_USER_ALL コマンドを使用して再生されることを示す。

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

Note 3: LTC7880 にはこの表に記載されていない追加コマンドが組み込まれている。これらのコマンドを読み出しても IC の動作に悪影響はないが、これらのコマンドの内容と意味は予告なく変更されることがある。

Note 4: 一部の未公開コマンドは読み出し専用であり、書き込んだ場合は CML ビット 6 障害信号が生成される。

Note 5: この表で公開されていないコマンドへの書き込みは許可されていない。

Note 6: コマンド名に基づいて、異なるデバイス間にコマンドの互換性があると思いがちなこと。コマンドの機能の完全な定義については、必ずデバイスごとにメーカーのデータシートを参照すること。

アナログ・デバイセズは、LTC の全てのデバイス間でコマンドの機能に互換性をもたせるよう努めている。製品固有の条件に対応するため、違いが生じる場合がある。

アプリケーション情報

このデータシートの最後のページの代表的なアプリケーションは、LTC7880の一般的なアプリケーション回路です。LTC7880はDCR（インダクタの抵抗）による検出または低い値の抵抗による検出のどちらかを使うように構成することができます。2つの電流検出方式のどちらを選択するかは、主として設計上、コスト、消費電力、精度のどれを採るかで決まります。DCRによる検出は、高価な電流検出抵抗が不要となり、特に大電流のアプリケーションでは電力効率が向上するため、広く普及しています。LTC7880は、DCR検出素子の温度依存性を名目上は見込むことができます。電流の読出しと電流制限の精度は、通常はインダクタのDCRの精度によって制限されます（これはLTC7880のIOUT_CAL_GAINレジスタとしてプログラムされます）。ただし、電流検出抵抗では、最も正確な電流検出および電流制限が可能です。他の外付け部品は負荷条件に基づいて選択し、(R_{SENSE}を使用する場合は、) R_{SENSE}とインダクタ値の選択から始めます。次に、パワーMOSFETを選択します。その後、入力と出力のコンデンサを選択します。最後に、電流制限値を選択します。これらの部品と範囲を全て先に決めてから、MFR_PWM_COMPレジスタのR_{ITH}とEA_GMの値を選択して、外付けの補償部品の値を計算することが必要です。電流制限範囲が必要なのは、MFR_PWM_MODE_LTC7880コマンドのビット7により、2つの範囲(25mV~50mVと37.5mV~75mV)に異なるEAゲインが設定されているからです。また、電圧範囲(RANGE)ビットもループ・ゲインと補償ネットワークに影響を及ぼします。電圧範囲は、MFR_PWM_MODE_LTC7880のビット1により設定されます。その他のプログラム可能な全パラメータはループ・ゲインに影響しないので、パラメータを変更しても負荷変動に対する過渡応答に影響を及ぼさずに済みます。

電流制限のプログラミング

LTC7880には電流制限のプログラミング範囲が2種類あり、それぞれの範囲内に合計8つのレベルがあります。PMBusコマンドのIIN_OC_FAULT_LIMITのセクションを参照してください。各範囲内ではエラー・アンプのゲインは一定なので、一定のループ・ゲインが得られます。LTC7880はインダクタDCRの温度係数を考慮し、インダクタの温度が変化したら電流制限値を自動的に調整します。DCRの温度係数はMFR_IIN_CAL_GAIN_TCコマンドに格納されます。

最適な電流制限精度にするには、75mV設定を使用してください。25mV設定にすると、DCRが非常に小さいインダクタまたは検出抵抗を使用できますが、代償として電流制限精度が低下します。ピーク電流制限はサイクル単位で実行されます。インダクタの平均電流はADCで監視します。

I_{SENSE}⁺ピンとI_{SENSE}⁻ピン

I_{SENSE}⁺ピンとI_{SENSE}⁻ピンは、電流コンパレータおよびA/Dコンバータ(ADC)の入力です。電流コンパレータの同相入力電圧範囲は、0V~40Vです。SENSEピンは両方も高インピーダンス入力であり、入力電流は少量で代表値は1μA未満です。電流コンパレータの高インピーダンス入力により、正確なDCR検出が可能です。通常動作時はこれらのピンをフロート状態にしないでください。

I_{SENSE}のパターンに接続しているフィルタ部品は、ICに近づけて配置してください。正と負のパターンは差動になるよう配線して、電流検出素子とケルビン接続します。図24を参照してください。ケルビン接続にしなかったり、配置が不適切だと、電流検出素子に寄生インダクタンスや寄生容量が加わり、検出端子での信号が劣化して、プログラムされた電流制限が不十分になることがあります。PolyPhaseシステムでは、検出素子の配置が良くないと、パワー段間での電流分担が準最適状態にとどまります。DCRによる検出を使用する場合は(図25a)、検出抵抗R1をインダクタの近くに配置して、敏感な小信号ノードにノイズが結合しないようにします。コンデンサC1はICのピンの近くに配置します。I_{SENSE}⁺とI_{SENSE}⁻の信号経路にインピーダンスの差があると、ADCの電流読出し精度が低下することがあります。電流読出し精度は、2つの信号経路のインピーダンスを一致させれば向上できます。このためには、R1に等しい直列抵抗R3をV_{IN}と

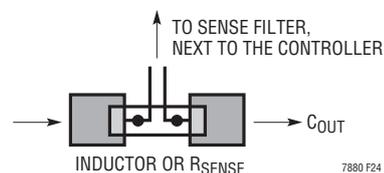
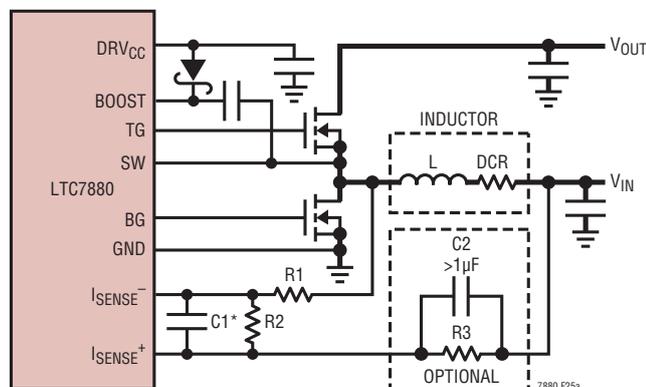


図24. 検出線の最適な配置

アプリケーション情報

I_{SENSE}^+ の間に追加します。この抵抗と並列に $1\mu\text{F}$ 以上のコンデンサを配置します。室温でのピーク電圧が 75mV より低い場合、 R_2 は必要ありません。



$$((R_1 + R_3) \parallel R_2) \times C_1 = \frac{2 \times L}{DCR} \quad I_{OUT_CAL_GAIN} = DCR \times \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_3 = R_1$$

*PLACE C1 NEAR SENSE+, SENSE- PINS

図 25 インダクタの DCR による電流検出回路

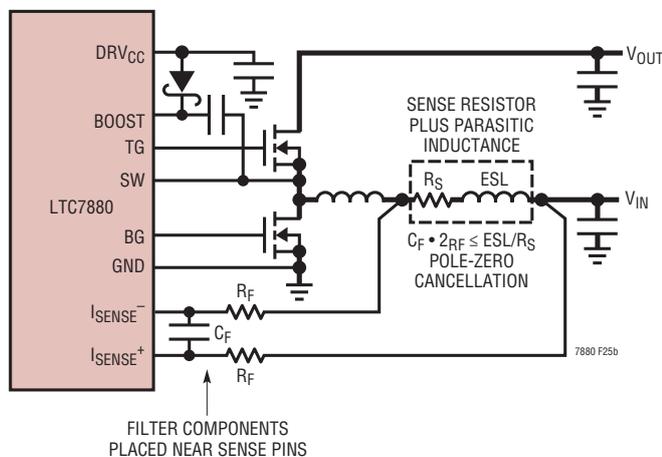


図 25b. 抵抗による電流検出回路

値の小さな抵抗による電流検出

ディスクリート抵抗を使用した標準的な検出回路を図 25b に示します。 R_{SENSE} は必要な出力電流に基づいて選択します。

電流コンパレータの最大閾値 $V_{SENSE(MAX)}$ は、 I_{LIMIT} の設定によって決まります。電流コンパレータの閾値によってインダクタ電流のピーク値が設定され、このピーク値からピーク to ピーク・リップル電流 ΔI_L の半分を差し引いた値に等しい最大平均出力電流 I_{MAX} が得られます。検出抵抗の値を計算するには次式を使用します。

$$R_{SENSE} = \frac{V_{SENSE(MAX)}}{I_{MAX} + \frac{\Delta I_L}{2}}$$

電流検出ループには PCB ノイズが存在する可能性があるため、良好な S/N 比を得るには、 $\Delta V_{SENSE} = \Delta I_L \cdot R_{SENSE}$ の AC 電流検出リップルも設計時に確認しておく必要があります。一般に、良好な PCB レイアウトを無理なく得るには、 R_{SENSE} と DCR のいずれの検出アプリケーションの場合でも、出発点の控えめな値として 15mV の最小 ΔV_{SENSE} 電圧を推奨します。

ディスクリート抵抗を使用した標準的な検出回路を図 25b に示します。IC の近くに配置した RC フィルタは、PCB 上の検出パターンに結合した容量性ノイズと誘導性ノイズの影響を低減するためによく使われています。標準的なフィルタは並列の 1000pF コンデンサに接続された 2 本の直列 100Ω 抵抗で構成され、時定数が 200ns になります。

アプリケーション情報

フィルタに若干の変更を加えることにより、この同じRCフィルタを使用して、寄生インダクタンスが存在する環境で電流検出信号の抵抗性成分を抽出できます。例えば、フットプリントが2010のPCB上にある2mΩ抵抗の両端での電圧波形を図26に示します。この波形は、純粋な抵抗性成分と純粋な誘導性成分が重畳されたものです。これは、差動測定による結果を得るため、オシロスコープの2つのプローブと波形計算を使用して測定しています。インダクタのリプル電流および上側スイッチのオン時間(t_{ON})とオフ時間(t_{OFF})の追加測定に基づき、寄生インダクタンスの値は次式によって0.5nHであると計算されました。

$$ESL = \frac{V_{ESL(STEP)} \cdot t_{ON} \cdot t_{OFF}}{\Delta I_L \cdot (t_{ON} + t_{OFF})} \quad (1)$$

寄生インダクタンスを検出抵抗で割った値(L/R)に近くなるようにRC時定数を選択すると、得られた波形は、図27に示すように抵抗性を示します。最大検出電圧の低いアプリケーションでは、検出抵抗メーカーのデータシートで寄生インダクタンスの情報を調べてください。データが存在しない場合

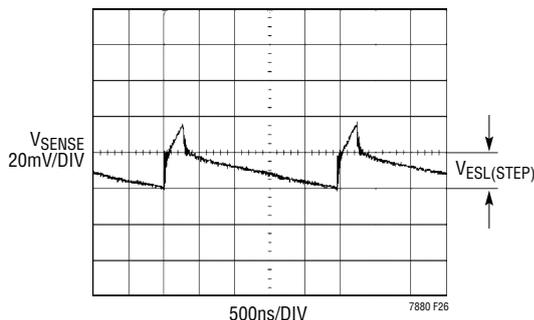


図26. RSENSEの両端で直接測定した電圧

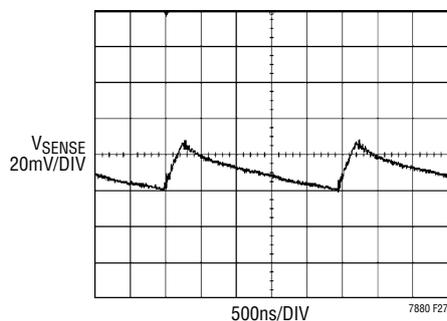


図27. RSENSEフィルタの後に測定した電圧

には、検出抵抗の両端で電圧降下を直接測定してESLステップの大きさを求め、式1を使用してESLを決定します。ただし、信号に対してフィルタを過剰にかけないでください。RC時定数をインダクタの時定数以下に保って V_{RSENSE} のリプル電圧を十分な大きさに維持し、電流ループ・コンローラの動作を最適化します。

インダクタのDCRによる電流検出

高負荷電流時に可能な限り高い効率を必要とするアプリケーションでは、図25aに示すように、LTC7880はインダクタのDCR両端の電圧低下を検出することができます。インダクタのDCRとは、銅巻線のDC抵抗の小さな値を表し、最近の値の小さい大電流インダクタでは1mΩより小さいことがあります。このようなインダクタを必要とする大電流アプリケーションでは、検出抵抗による導通損失はDCRによる検出に比べて効率が数パーセント低下すると考えられます。

$R1 = R3$ となるように、かつ外部の $(R1 + R3) \parallel R2 \cdot C1$ の時定数が $2 \cdot L/DCR$ の時定数に正確に等しくなるように選択すると、外付けコンデンサC1両端の電圧降下は、インダクタのDCR両端の電圧降下に $R2 / (R1 + R2 + R3)$ を掛けた値に等しくなります。R2は、目標とする検出抵抗値よりもDCRが大きいアプリケーションにおいて、検出端子両端の電圧をスケールします。DCRの値は、R2が必要でない限り、 $IOUT_CAL_GAIN$ (mΩ)として入力されます。R2を使用する場合は、次のようになります。

$$IOUT_CAL_GAIN = DCR \cdot \frac{R2}{R1 + R2 + R3}$$

電流検出信号を目的の電流検出範囲内に留めるために減衰させる必要がない場合は、R2を取り外してもかまいません。外付けフィルタ部品を適切に選択するには、インダクタのDCRを知っている必要があります。インダクタのDCRは高精度のRLCメーターを使って測定できますが、DCRの許容誤差は常に同じではなく、温度によって変化します。詳細については、インダクタ・メーカーのデータシートを参照してください。MFR_IIN_CAL_GAIN_TCコマンドに正しい温度係数値を入力してある場合、LTC7880は温度による変動を補正します。抵抗の温度係数は3900ppm/°C(代表値)です。

$R1 = R3$ と仮定すると、C2は平坦な周波数応答になるように次式を使用して最適化できます。

アプリケーション情報

$$C2 = \frac{2R1 \cdot R2 \cdot C1 - \frac{L}{DCR} (2R1 + R2)}{R1^2}$$

インダクタ値の計算のセクションのインダクタ・リップル電流値を使用すると、目標とする検出抵抗値は次のようになります。

$$R_{SENSE(EQUIV)} = \frac{V_{SENSE(MAX)}}{I_{MAX} + \frac{\Delta I_L}{2}}$$

アプリケーションが全動作温度範囲で最大負荷電流を供給できるようにするため、入力したMFR_IOUT_CAL_GAINパラメータに対してDCRの許容誤差を考慮した I_{LIMIT} の最適な値を選択します。

次に、インダクタのDCRを決めます。メーカーの最大値を使用します。通常は20°Cで規定されています。この値を増やして、温度検出素子の許容誤差である3°C~5°Cや、温度センサー素子とインダクタとの近さに関係した温度差の上乗せ分を考慮します。

$C1$ は通常、0.047 μ F~4.7 μ Fの範囲で選択します。これにより、 $(R1 + R3) \parallel R2$ は約2kになります。図25aに示すオプションの素子 $R3$ および $C2$ を追加すると、リーク電流 I_{SENSE} に関連するオフセット誤差を最小限に抑えることができます。 $R1$ の値に等しくなるよう $R3$ を設定します。 $C2$ の値を1 μ F以上に設定して、適正なノイズ・フィルタ特性を確保します。

等価抵抗 $(R1 + R3) \parallel R2$ の大きさは室温のインダクタンスと最大DCRに従って次のように調整されます。

$$(R1 + R3) \parallel R2 = \frac{2 \cdot L}{(DCR \text{ at } 20^\circ\text{C}) \cdot C1}$$

$R1$ での最大電力損失はデューティ・サイクルと関係があり、電力損失が最大になるのは、連続モードでの $V_{IN} = 1/2 V_{OUT}$ のときです(次式)。

$$P_{LOSS R1} = \frac{(V_{OUT} - V_{IN}) \cdot V_{IN}}{R1}$$

$R1$ の電力定格がこの値より大きいことを確認してください。軽負荷時に高い効率が必要な場合、DCR検出と検出抵抗のどちらを使用するかを決定するときに、この電力損失を検討します。軽負荷での電力損失は、 $R1$ によって余分なスイッチング損失が生じるため、検出抵抗の場合よりDCRネットワークの

方がわずかに大きくなることがあります。ただし、DCRによる検出では検出抵抗がないので、導通損失が減少し、重負荷時の効率が高くなります。ピーク効率はどちらの方法でもほぼ同じです。不連続モードを選択すると、電流検出方法に関係なく、軽負荷時のコンバータ効率が向上します。

電流検出信号のS/N比を良好に保つため、10mV~15mVの最小 ΔV_{ISENSE} を使用します。DCRによる検出を使用するアプリケーションにおける、実際のリップル電圧は次式で求められます。

$$\Delta V_{ISENSE} = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{R1 \cdot C1} \cdot \frac{V_{OUT}}{V_{IN} \cdot f_{OSC}}$$

スロープ補償とインダクタのピーク電流

スロープ補償を行うと、高いデューティ・サイクルでの低調波発振を防止することにより、固定周波数電流モード・アーキテクチャでの安定性が得られます。この動作は、インダクタ電流信号に補償ランプ信号を加えることにより、デバイス内部で実行されます。LTC7880は、補償ランプの影響を相殺する特許取得済みの電流制限技術を採用しています。これにより、全てのデューティ・サイクルを通じてインダクタの最大ピーク電流に影響のない状態が維持されます。

インダクタ値の計算

目的の入力電圧と出力電圧が与えられると、インダクタ値と動作周波数 f_{OSC} によって、インダクタのピークtoピーク・リップル電流が直ちに決まります。

$$I_{RIPPLE} = \frac{V_{IN}}{f_{OSC} \cdot L} \left(1 - \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \right)$$

リップル電流が小さいと、インダクタのコア損失、出力コンデンサのESR損失、および出力電圧リップルが減少します。このように、周波数が最も低くリップル電流が小さい場合に、最も効率の高い動作が得られます。ただし、これを達成するには大きなインダクタが必要になります。

リップル電流を設定するための妥当な出発点は $\Delta I_L = 0.3 (I_{MAX})$ です。 ΔI_L が最大になるのは、 $V_{IN} = 1/2 V_{OUT}$ のときです。

アプリケーション情報

インダクタのコアを選択

インダクタの値が決まったら、インダクタの種類を選択する必要があります。インダクタの値が一定の場合、コア損失はコア・サイズではなく、選択したインダクタンスに大きく依存します。インダクタンスが増加すると、コア損失は減少します。インダクタンスを大きくするには、ワイヤの巻数を増やす必要があるため、銅損失は残念ながら増加します。

フェライトを使用した設計ではコア損失が極めて小さく、高いスイッチング周波数に適しているため、設計目標を銅損と飽和の防止に集中することができます。フェライト・コアの材質は急激に飽和します。つまり、設計電流のピーク値を超えると、インダクタンスは突然低下します。その結果、インダクタのリプル電流が急激に増加し、そのため出力電圧リプルも増加します。コアは決して飽和させないでください。

パワー MOSFET とオプションのショットキー・ダイオードの選択

LTC7880では、出力チャンネルごとに2個の外付けパワー MOSFET を選択する必要があります。下側(メイン)スイッチ用および上側(同期)スイッチ用にそれぞれ1個のNチャンネル MOSFET です。

ピーク to ピークのゲート駆動レベルは DRV_{CC} 電圧により設定されます。MOSFET の BV_{DSS} の仕様にも十分注意を払ってください。ロジック・レベル MOSFET の大半は 30V 以下に制限されています。

パワー MOSFET の選択基準には、オン抵抗 $R_{DS(ON)}$ 、ミラー容量 C_{MILLER} 、入力電圧、および最大出力電流が含まれます。ミラー容量 C_{MILLER} は、MOSFET のメーカーのデータシートに通常記載されているゲート電荷曲線から推定することができます。 C_{MILLER} は、曲線がほぼ平らな区間の水平軸に沿ったゲート電荷の増分を、規定の V_{DS} の変化量で割ったものに等しくなります。次に、この結果に、アプリケーションで印加される V_{DS} とゲート電荷曲線で規定されている V_{DS} との比を掛けます。このデバイスが連続モードで動作しているときの両側 MOSFET と下側 MOSFET のデューティ・サイクルは以下の式で与えられます。

$$\text{Main Switch Duty Cycle} = 1 - \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$$

$$\text{Synchronous Switch Duty Cycle} = \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$$

最大出力電流での MOSFET の消費電力は、以下の式で与えられます。

$$P_{MAIN} = \frac{(V_{OUT} - V_{IN})V_{OUT}}{V_{IN}^2} \cdot \left(\frac{I_{OUT(MAX)}}{2} \right)^2 \cdot (1 + \delta) \\ \cdot R_{DS(ON)} + k \cdot \frac{V_{OUT}^3}{V_{IN}} \cdot \frac{I_{OUT(MAX)}}{2 \cdot V_{IN}} \\ \cdot C_{MILLER} \cdot f$$

$$P_{SYNC} = \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \cdot \left(\frac{I_{OUT(MAX)}}{2} \right)^2 \cdot (1 + \delta) \cdot R_{DS(ON)}$$

ここで、 δ は $R_{DS(ON)}$ (約 1Ω) の温度依存性です。逆回復電流によって生じる損失を反映する定数 k は、ゲート駆動電流に反比例し、その経験値は 1.7 です。

I^2R 損失は両方の MOSFET に共通していますが、上側 N チャンネルの式には遷移損失の項が追加されており、これは入力電圧が高いときに最も大きくなります。 V_{IN} が高い場合、大電流での効率は一般に大型の MOSFET を使用すると向上しますが、 V_{IN} が低い場合は遷移損失が急激に増加するので、実際には $R_{DS(ON)}$ が大きく C_{MILLER} が小さい MOSFET を使用した方が効率が高くなります。同期 MOSFET の損失は、下側スイッチのデューティ・ファクタが低くなる高入力電圧時、または同期スイッチが周期の 100% 近くオンになる過電圧時に最も大きくなります。

MOSFET の場合の $(1 + \delta)$ の項は一般に正規化された $R_{DS(ON)}$ と温度の曲線で与えられますが、低電圧 MOSFET の場合の近似値として $\delta = 0.005/^\circ\text{C}$ を使用することができます。

SW_n から V_{OUTn} に接続されたオプションのショットキー・ダイオードは、2つのパワー MOSFET が導通する間のデッド・タイム中に導通します。これによって、上側 MOSFET のボディ・ダイオードがデッド・タイム中にオンして電荷を蓄積するのを防止し、逆回復時間を不要にします。1A~3A のショットキーは平均電流が比較的小さいため、一般的に両方の動作領域に対して適切な折衷案となります。これより大きなダイオードは接合容量が大きいいため、遷移損失が増加します。

アプリケーション情報

C_{IN}とC_{OUT}の選択

入力電流は連続的であるため、昇圧コンバータの入力リップル電流は出力リップル電流より小さくなります。入力コンデンサC_{IN}の電圧定格は、最大入力電圧を上回っている必要があります。セラミック・コンデンサは過電圧状態には比較的耐えることができますが、アルミ電解コンデンサはそうではありません。入力コンデンサに過度のストレスを与える可能性のある過電圧トランジェントに関して、入力電圧の特性を必ず評価してください。C_{IN}の値は信号源インピーダンスの関数で、一般に、信号源インピーダンスが高いほど必要な入力容量が大きくなります。必要な入力容量の大きさはデューティ・サイクルによっても大きく影響されます。高いデューティ・サイクルで動作する大出力電流アプリケーションは、DC電流とリップル電流の両方の点で、入力電源に大きな負担を負わせることがあります。昇圧コンバータでは出力電流が不連続なので、C_{OUT}は出力電圧リップルを減少させることができなければなりません。与えられた出力リップル電圧に対する適切なコンデンサを選択するには、ESR(等価直列抵抗)とバルク容量の影響について検討する必要があります。単相の昇圧コンバータでのバルク容量の充放電による定常リップル電圧は、次式で与えられます。

$$V_{\text{RIPPLE}} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}} \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN(MIN)}})}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}} \cdot f}$$

ここで、C_{OUT}は出力フィルタ・コンデンサです。ESR両端の電圧降下による定常リップルは次式で与えられます。

$$\Delta V_{\text{ESR}} = I_{\text{L(MAX)}} \cdot \text{ESR}$$

LTC7880は、2つのチャンネルの出力が互いに接続され、両方のチャンネルが同じデューティ・サイクルである2相シングル出力コンバータとして構成できます。2相動作では、2つのチャンネルが位相を180度ずらして動作します。このため、出力コンデンサの電流パルスがインターリーブされるので、出力コンデンサのリップル電流は大幅に減少します。その結果、コンデンサのESR条件を緩和できます。出力コンデンサに流れるリップル電流は方形波なので、出力コンデンサのリップル電流条件は、デューティ・サイクル、位相数、および最大出力電流に依存します。出力コンデンサの正規化リップル電流を、2相構成でのデューティ・サイクルの関数として

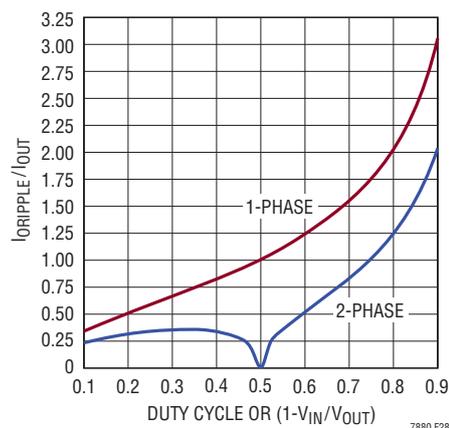


図28. 昇圧コンバータの出力コンデンサ正規化リップル電流(RMS)

図28に示します。出力コンデンサのリップル電流定格を選択するには、最初に、出力電圧と入力電圧範囲に基づいてデューティ・サイクルの範囲を設定します。図28を参照して、最も厳しい条件での大きな正規化リップル電流を最大負荷電流のパーセンテージとして選択します。

可変遅延時間、ソフトスタート、および出力電圧の上昇

LTC7880はソフトスタートの前に動作状態になっている必要があります。RUN_nピンが解放されるのは、デバイスが初期化され、V_{IN}がVIN_ONの閾値より高くなった後です。アプリケーションに複数のLTC7880を使用する場合は、同じRUN_nピンを共用するようデバイスを設定します。全てのデバイスが初期化され、全てのデバイスについてV_{IN1}がVIN_ONの閾値を超えるまで、全てのデバイスがそれぞれのRUN_nピンをローに保持します。SHARE_CLKピンにより、信号に接続されている全てのデバイスが時間遅延動作に同じタイム・ベースを使用するようになります。

RUN_nピンが解放されると、コントローラはユーザ指定のターンオン遅延(TON_DELAY)の間待機した後、V_{IN}電圧から安定化出力電圧へ出力電圧が上昇し始めます。

アプリケーション情報

LTC7880は、出力電圧ランプの開始点としてMFR_VOUT_START コマンドの値を使います。ランプが開始された際V_{IN}電圧がMFR_VOUT_START 値を上回っている場合、実質的なランプ時間は以下の式に従って減少します。

$$T_{\text{RAMP}} = \text{TON_RISE} \cdot \frac{\text{MFR_VOUT_START}}{V_{\text{IN}}}$$

複数のLTC7880とLTCの他のデバイスを同じ遅延時間または独自の遅延時間で起動するよう設定できます。目的とする同期方式の範囲内で動作させるには、全てのデバイスが同じタイミング・クロック(SHARE_CLK)を使用し、更に全てのデバイスがRUN_nピンを共用する必要があります。これにより、全てのデバイスの相対的な遅延を同期させることができます。遅延時間の実際の変動は、SHARE_CLKピンに接続されているデバイスの最も速いクロック・レートに依存します(LTCの全てのICは、最も速いSHARE_CLK信号で全てのデバイスのタイミングを制御できるように設定されています)。SHARE_CLK信号は周波数の幅が±10%あるので、実際の遅延時間にはそれに比例した差異が生じます。

ソフトスタートは、負荷電圧を能動的に安定化しつつ、目的の電圧をMFR_VOUT_STARTの値からコマンド指定の電圧設定値までデジタル式に増加することによって実行します。電圧ランプの立ち上がり時間をTON_RISEコマンドを使用してプログラムし、起動電圧ランプに関連した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を無効にするには、TON_RISEの値を0.250msより小さい任意の値に設定します。LTC7880は必要な数値計算を実行して、電圧ランプが目的の勾配になるように制御します。ただし、電圧勾配をパワー段の基本的なリミットより高くすることはできません。TON_RISEの設定時間が短くなるほど、TON_RISEの傾斜に現れる離散的なステップは大きくなります。傾斜のステップ数はTON_RISE/0.1msに等しくなります。

LTC7880のPWMは、TON_RISE動作の間、常に不連続モードを使用します。不連続モードでは、インダクタに逆電流が流れていることが検出されると、下側のゲートはすぐにオフになります。これにより、レギュレータはプリバイアスされた負荷状態で起動できるようになります。

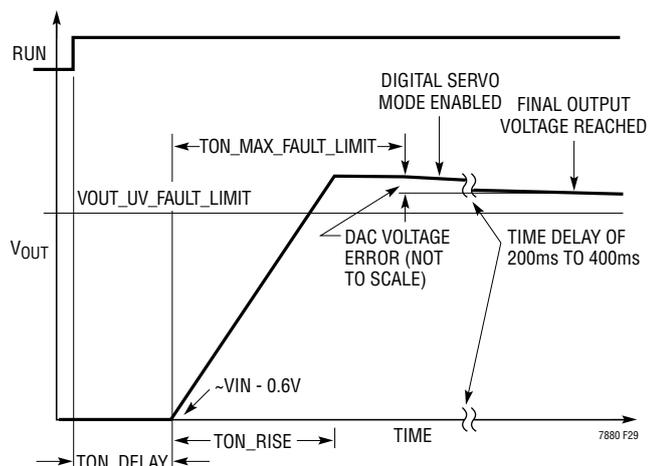
LTC7880には従来のトラッキング機能は組み込まれていません。ただし、2つの出力のTON_RISEおよびTON_DELAYを同じ時間にして、実質的に同じ時間で立ち上げることができます。RUNピンが同時に解放され、両方のLTC7880が同じタイム・ベースを使用する場合、出力の追従は非常に緊密になります。回路がPolyPhase構成になっている場合は、該当するレールの全てのタイミング・パラメータを同じにする必要があります。

前述した起動シーケンス制御の方式はタイム・ベースです。連鎖イベントの場合は、別のコントローラのPGOOD_nピン、またはLTC7880のPGOOD_nピンに基づいてRUN_nピンを制御できます。FAULT_nピンは、コンバータの出力電圧がVOUT_UV_FAULT_LIMITより高くなったら解放されるように設定できます。グリッチ除去済みのV_{OUT} UV障害リミットを使用することを推奨します。理由は、コンバータがUV閾値を超えてからFAULT_nピンが解放されるまでに顕著な時間遅延がほとんどないからです。グリッチ除去済みの出力をイネーブルするには、MFR_FAULT_PROPAGATE_LTC7880コマンドのMFR_FAULT_PROPAGATE_VOUT_UVUFビットを設定します。このデータシートに記載しているPMBusコマンドのMFRのセクションを参照してください。V_{OUT}信号はコンパレータの閾値を経て遷移するので、UVコンパレータの出力信号にはある程度のグリッチが生じます。LTC7880は、70μsのデジタル・グリッチ除去フィルタを内蔵して、複数回の遷移が発生する確率を大幅に低減しています。FAULT_nピンにグリッチが発生するリスクを最小限に抑えるため、TON_RISEの時間は100msより短くします。それでもFAULT_nに不必要な遷移が発生する場合は、FAULT_nピンとグラウンドの間にコンデンサを接続して、波形をフィルタ処理します。フィルタのRC時定数を十分高速に設定して、顕著な遅延が生じないようにします。300μs～500μsの遅延で一定のフィルタリング効果が得られ、トリガ・イベントが大幅に遅延することはありません。

デジタル・サーボ・モード

安定化出力電圧の精度を最高にするには、MFR_PWM_MODE_LTC7880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、LTC7880はADCの電圧測定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ADCの正しい読出し値になるまで、90msごとにDACのLSB(電圧範囲ビットに応じて公称15.4mVまたは7.7mV)刻みで調整します。電源投入時には、リミットが0(無制限)に設定されていない限り、TON_MAX_FAULT_LIMITの後にこのモードに入ります。TON_MAX_FAULT_LIMITが0(無制限)に設定されている場合、サーボ制御が始まるのは、TON_RISEが完了してV_{OUT}がVOUT_UV_FAULT_LIMITを超えた後です。これと同じ時点で、出力は不連続モードから、MFR_PWM_MODE_LTC7880のビット0に示すプログラム済みモードに切り替わります。タイムベースのシーケンス制御におけるV_{OUT}波形の詳細については、図29を参照してください。

アプリケーション情報

図 29. タイミングが制御された V_{OUT} の立上がり

TON_MAX_FAULT_LIMITに0より大きい値を設定し、TON_MAX_FAULT_RESPONSEを0x00(無視)に設定すると、サーボ制御は以下の条件で開始されます。

1. TON_RISEシーケンスが完了した後
2. TON_MAX_FAULT_LIMITの時間に達した後
3. IIN_OC_FAULT_LIMITを上回っていないが、VOUT_UV_FAULT_LIMITを上回った後

TON_MAX_FAULT_LIMITに0より大きい値を設定し、TON_MAX_FAULT_RESPONSEを0x00(無視)に設定しない場合、サーボ制御は以下の条件で開始されます。

1. TON_RISEシーケンスが完了した後
2. VOUT_UV_FAULTが存在せず、IIN_OC_FAULT_LIMITを上回っていないが、TON_MAX_FAULT_LIMIT時間が経過した後

立上がり時間の最大値は1.3秒に制限されます。

PolyPhaseアプリケーションでは、デジタル・サーボ・モードを有効にするのは1相だけにしてください。こうすると、位相は同じ出力レギュレーション点にサーボ制御されるようになります。

ソフトオフ(シーケンス制御によるオフ)

LTC7880は、起動の制御の他に、ターンオフの制御もサポートしています。TOFF_DELAY機能とTOFF_FALL機能を図30に示します。TOFF_FALLが処理されるのは、RUNピンがローになるか、デバイスがオフするようコマンドで指定された場合です。デバイスに障害が発生してオフになるか、 \overline{FAULT}_n を外側からローにして、デバイスが \overline{FAULT}_n に反応するようプログラムされていると、メインのMOSFETと同期MOSFETの両方をオフにすることにより、出力はスリーステートになります。出力は負荷に応じて減少し、制御された下降率を示しません。

デバイスが強制連続モードであり、TOFF_FALLの時間が十分に長く、パワー段が目的の勾配を実現できる限り、出力電圧は図30に示すように下降します。TOFF_FALLの時間が適合できるのは、パワー段とコントローラが十分なシンク電流を供給して、立下がり時間の間隔が終了するまでに出力電圧が0Vになることを確認できる場合に限りです。負荷容量を放電するのに必要な時間より短い時間をTOFF_FALLに設定すると、出力は目的とする0Vの状態に達しません。TOFF_FALLの終了時に、コントローラはシンク電流の供給を停止し、 V_{OUT} は負荷インピーダンスによって決まる固有の速度で低下します。コントローラが不連続モードである場合、コントローラは負電流を流し込みません。また、出力はパワー段ではなく負荷によってローになります。立下がり時間の最大値は1.3秒に制限されます。TOFF_FALLの設定時間が短くなるほど、TOFF_FALLの傾斜に現れる離散的なステップは大きくなります。傾斜のステップ数の代表値は、 $TOFF_FALL/0.1ms$ です。

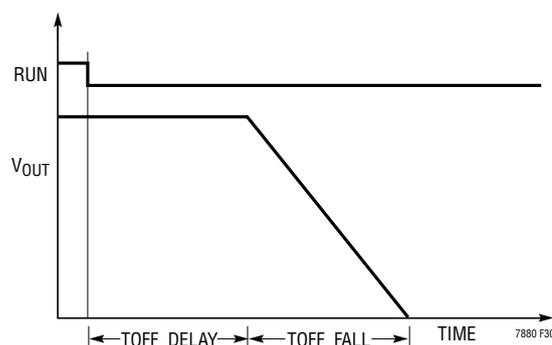


図 30. TOFF_DELAYとTOFF_FALL

アプリケーション情報

DRV_{CC}レギュレータ

LTC7880は、V_{BIAS}電源またはEXTV_{CC}電源からDRV_{CC}に電力を供給するPMOSリニア電圧レギュレータを備えています。DRV_{CC}は、ゲート・ドライバ、V_{DD33}、およびLTC7880の内部回路の多くに電力を供給します。リニア電圧レギュレータは、DRVSET = 0のときにV_{BIAS}またはEXTV_{CC}が約8Vより高くなると、DRV_{CC}ピンで6.3Vを発生します。DRVSETは、MFR_PWM_MODE_LTC7880コマンドのビット[3:2]で定義されます。DRV_{CC}の電圧は、DRVSET = 1のとき7.4Vに設定されます。リニア電圧レギュレータは、DRVSET = 2のときにV_{BIAS}またはEXTV_{CC}が約11Vより高くなると、DRV_{CC}ピンで9Vを発生します。このレギュレータは100mAのピーク電流を供給可能であり、1μF以上のセラミック・コンデンサまたは低ESRの電解コンデンサでグラウンドにバイパスする必要があります。使用しているバルク・コンデンサの種類に関わらず、0.1μFのセラミック・コンデンサをDRV_{CC}ピンとGNDピンのすぐ近くに追加することを強く推奨します。MOSFETゲート・ドライバが必要とする大きな過渡電流を供給するには、十分なバイパスが必要です。

大型のMOSFETを高周波で駆動する入力電圧の高いアプリケーションでは、LTC7880の最大ダイ・ジャンクション温度定格を超える恐れがあります。ダイの温度を下げるため、DRV_{CC}の電流(その大部分がゲート充電電流に起因)をV_{BIAS}ピンまたはEXTV_{CC}ピンから供給できます。LTC7880の内部レギュレータの電力をV_{BIAS}ピンから供給すると、ICで消費される電力はV_{BIAS}・I_{DRVCC}に等しくなります。効率に関する検討事項のセクションで説明しているように、ゲート充電電流は動作周波数に依存します。ジャンクション温度は電気的特性のNote 2の式を使って推定できます。例えば、70°Cの周囲温度では、40V電源から流れるLTC7880のDRV_{CC}電流は44mA未満に制限されます。

$$T_J = 70^\circ\text{C} + 44\text{mA} \cdot 40\text{V} \cdot 31^\circ\text{C/W} = 125^\circ\text{C}$$

最大ジャンクション温度を超えないようにするため、LTC7880の内部LDOにはEXTV_{CC}ピンから電力を供給できます。EXTV_{CC}ピンを使用しないでDRV_{CC}に電力を供給する場合、EXTV_{CC}ピンはGNDに接続する必要があり、フロート状態にしてはなりません。外部電源を接続するか、出力を供給源とする電源を接続して、DRV_{CC}の電流をEXTV_{CC}ピンから供給することにより、ゲート・ドライバおよび制御回路に流れるV_{BIAS}電流は最小値まで減少します。

EXTV_{CC}ピンを6V電源に接続すると、前の例のジャンクション温度は、125°Cから次の温度まで減少します。

$$T_J = 70^\circ\text{C} + 44\text{mA} \cdot 6\text{V} \cdot 31^\circ\text{C/W} + 2\text{mA} \cdot 40\text{V} \cdot 31^\circ\text{C/W} = 81^\circ\text{C}$$

LTC7880のDRV_{CC}は外部電源に接続しないでください。なぜなら、DRV_{CC}は外部電源の電圧を高くしようとして電流制限値に達するので、ダイ温度が大幅に上昇するからです。

入力電圧が6V未満のアプリケーションでは、図31に示すように、V_{BIAS}ピンとDRV_{CC}ピンを互いに接続し、接続後のピンを1Ωまたは2.2Ωの抵抗で入力に接続します。ゲート充電電流によって生じる電圧降下を最小限に抑えるには、V_{BIAS}/DRV_{CC}ピンに低ESRのコンデンサを接続する必要があります。この構成はDRV_{CC}リニア電圧レギュレータをオーバーライドして、DRV_{CC}の電圧が大幅に低下するのを防止します。DRV_{CC}の電圧がMOSFETのR_{DS(ON)}のテスト電圧(ロジック・レベルのデバイスでは通常4.5V)を超えていることを確認してください。DRV_{CC}のUVLOは約5Vに設定されます。

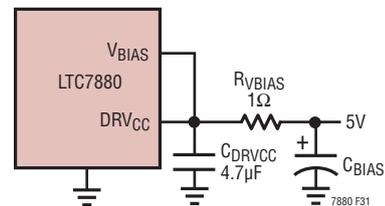


図31. 6V入力の場合の回路構成

上側 MOSFET ドライバの電源 (C_B、D_B)

BOOST_nピンに接続されている外付けのブートストラップ・コンデンサC_Bは、上側のMOSFETのゲート駆動電圧を供給します。SW_nピンがローのとき、ブロック図のコンデンサC_Bは、DRV_{CC}から外付けダイオードD_Bを介して充電されます。上側MOSFETの1つをオンにすると、ドライバは目的のMOSFETのゲート/ソース間にC_Bの電圧を印加します。これによってMOSFETが導通し、上側のスイッチがオンします。スイッチ・ノードの電圧SW_nはV_{OUT}まで上昇し、BOOST_nピンの電圧もこれに追従します。上側MOSFETがオンしているとき、昇圧電圧は次のように入力電源より高くなります。つまり、V_{BOOST} = V_{OUT} + V_{DRVCC}です。昇圧コンデンサC_Bには、上側MOSFETの全入力容量の100倍の値が必要です。外付けショットキー・ダイオードの逆ブレイクダウン電圧はV_{OUT(MAX)}より大きくなければなりません。

V_{OUT}/V_{IN}の比が高い条件で動作する一部の設計では、PWMジッタが観測されています。このジッタは、実質的には回路の精度に影響しません。図32を参照すると、値が1Ω～5Ωの直列抵抗をダイオードのカソードとBOOST_nピンの間に挿入すれば、PWMジッタを除去できます。

アプリケーション情報

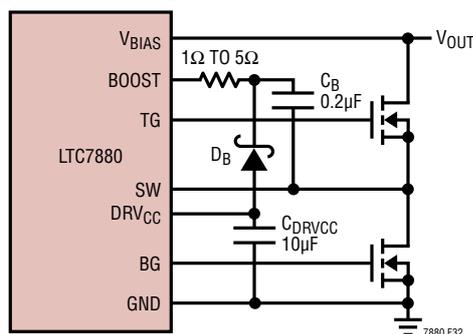


図 32. PWM ジッタを最小限に抑えるための昇圧回路

低電圧ロックアウト

LTC7880は内部閾値ベースのUVLOによって初期化されます。ここでは、 V_{BIAS} を約5Vにする必要があります。DRVCC、 V_{DD33} 、 V_{DD25} を安定化電圧の値の約20%以内にする必要があります。更に、 V_{DD33} は、RUNピンが解放されるより前に、目標値の約7%以内に入る必要があります。デバイスの初期化が完了すると、別のコンパレータが V_{IN1} をモニタします。電源のシーケンス制御を開始するには、その前にVIN_ON閾値を超える必要があります。 V_{IN1} がVIN_OFF閾値より低くなると、SHARE_CLKピンはローになります。また、コントローラを再起動するには、その前に V_{IN1} をVIN_ON閾値より高くしておく必要があります。通常の起動シーケンスが可能になるのは、VIN_ON閾値を超えた後です。 V_{IN1} に電圧が印加されたときに \overline{FAULTn} がローに保持されている場合は、 \overline{FAULTn} がローに保持されているときに \overline{ALERT} がアサートされないようデバイスがプログラムされている場合でも、 \overline{ALERT} はローにアサートされます。LTC7880がリセット状態を離れる前にI²C通信が行われ、デバイスが認識するのがコマンドの一部だけになった場合、これはCML障害として解釈されることがあります。CML障害が検出されると、 \overline{ALERT} はローにアサートされます。

V_{DD33} 電源を外部から駆動する場合は、EEPROMの内容をアプリケーション内でプログラムすることができます。これによりLTC7880のデジタル部は起動しますが、高電圧部は作動しません。この電源構成では、PMBus通信は有効です。LTC7880に V_{IN1} 電圧が印加されていなかった場合は、MFR_COMMONのビット3(EEPROMが初期化されていない)がローにアサートされます。この状態を検出すると、デバイスはアドレス5Aおよび5Bに対してのみ応答ようになります。デバイスを初期化するには、次の一連のコマンド(グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0x2B、その

後にグローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、およびデータ0xC4)を発行します。これで、デバイスは正しいアドレスに応答ようになります。必要に応じてデバイスを設定してから、STORE_USER_ALLを発行します。 V_{BIAS} を印加したら、MFR_RESETコマンドを発行してPWMをイネーブルし、有効なA/D変換結果を読み出すことができるようにする必要があります。

障害インジケータ

LTC7880の \overline{FAULTn} ピンは、OV、UV、OC、OT、タイミング障害などの様々な障害を通知する目的で設定できます。更に、 \overline{FAULTn} ピンを外部信号源によってローにすると、システムの他の部分での障害を表示できます。障害応答は設定可能であり、以下のオプションが可能です。

- 無視
- 即座にシャットダウン-ラッチオフ
- 即座にシャットダウン-MFR_RETRY_DELAYで指定した時間間隔で無期限に再試行

障害応答の詳細については、データシートのPMBusのセクションおよびPMBusの仕様を参照してください。

OV応答は常に自動です。OV状態が検出されると、TGnはアサートされ、BGnがローになります。

オーブンドレイン・ピン

LTC7880は以下のオーブンドレイン・ピンを備えています。

3.3Vピン

1. \overline{FAULTn}
2. SYNC
3. SHARE_CLK
4. PGOODn

5Vのピン(5Vのピンは1.8Vまで低下しても正しく動作します。)

1. RUNn
2. \overline{ALERT}
3. SCL
4. SDA

上記の全てのピンは、0.4Vのとき3mAのシンク電流を流すことができるプルダウン・トランジスタを内蔵しています。プルアップ抵抗とグラウンドまでの寄生容量によるRC時定数に関連したトランジェント速度の問題がない限り、一般的には10k以上の抵抗を推奨します。

アプリケーション情報

SDA、SCL、SYNCなどの高速信号の場合は、より低い値の抵抗が必要なことがあります。RC時定数は、タイミングの問題を回避するのに必要な立上がり時間の1/3~1/5に設定します。負荷が100pFでPMBusの通信速度が400kHzの場合、立上がり時間は300nsより短くする必要があります。時定数を立上がり時間の1/3に設定した、SDAピンとSCLピンのプルアップ抵抗は次のとおりです。

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

SDAピンとSCLピンの寄生容量を最小限に抑えて、通信問題が発生しないようにします。負荷容量を見積もるには、問題の信号をモニタして、目的の信号が出力値の約63%に達するのに要する時間を測定します。これが1倍の時定数になります。

SYNCピンはプルダウン・トランジスタを内蔵しており、出力を公称で500nsの間ローに保持します。内部発振器を500kHzに設定し、負荷が100pFで3倍の時定数が必要な場合、抵抗の計算は次のとおりです。

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

タイミング誤差が発生する場合、またはSYNCの周波数が必要な速度に達していない場合は、波形をモニタして、RC時定数がアプリケーションに対して長すぎないかを調べます。可能な場合は、寄生容量を低減します。可能でない場合は、プルアップ抵抗を十分に小さくして、適切なタイミングを確保してください。SHARE_CLKのプルアップ抵抗にも同様のの式があり、周期が10μsでプルダウン時間が1μsです。RC時定数は約3μs(以下)にします。

フェーズ・ロック・ループと周波数同期

LTC7880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ピンの信号の立上がりエッジに同期します。PWMコントローラとSYNCの立上がりエッジの間の位相関係は、MFR_PWM_CONFIG_LTC7880コマンドの下位3ビットによって制御されます。PolyPhaseアプリケーションでは、全ての位相の間隔を均一にすることを推奨します。したがって、2フェーズ・システムでは信号の位相を180°ずらし、4フェーズ・システムでは間隔を90°あけます。

位相検出器はエッジ反応型のデジタル・タイプで、外部発振器と内部発振器の位相シフトが事前に分かります。このタイプの位相検出器は、外部クロックの高調波に誤って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・レンジは85kHz~500kHzが確保されます。公称デバイスの範囲はこれを超えていますが、動作可能な周波数範囲を広げることは保証されていません。

PLLにはロック検出回路があります。動作中にPLLのロックが外れると、STATUS_MFR_SPECIFICコマンドのビット4がアサートされ、ALERTピンはローになります。このビットに1を書き込めば、障害は解消できます。PLL_FAULTの発生時にALERTピンをアサートしないようにするには、SMBALERT_MASKコマンドを使用してアラートを防止します。

アプリケーションでSYNCピンに入力される外部信号がない場合は、公称の事前設定周波数がPWM回路を制御します。FREQUENCY_SWITCHを外部発振器にプログラムして、SYNCに入力される外部信号がない場合、LTC7880のPWMエンジンはPLL発振器の最小自走周波数で動作します。この場合には、インダクタ電流が過剰になることや、望ましくない動作が引き起こされることがあります。複数のデバイスがSYNCの信号を共用していて、SYNCに外部信号が入力されていない場合、デバイスは同期せず、出力に過剰な電圧リップルが生じることがあります。

1つのSYNC信号をPolyPhase構成で共用するには、複数のLTC7880が必要です。オプションで、複数のSYNCピンを接続する他の構成で単一のSYNC信号を形成することもできます。複数のLTC7880の間でSYNCピンを共用する場合、周波数出力を使用してプログラムするLTC7880は1つだけです。それ以外のLTC7880は、全てSYNC出力をディスエーブルするようプログラムします。ただし、周波数は公称値に設定します。周波数出力を使用してLTC7880をプログラムする場合は、外部信号を入力します。この状態が存在する場合、MFR_PADS_LTC7880のビット10はローにアサートされます。

動作中のPWM信号の周波数が高すぎるように見える場合は、SYNCピンをモニタしてください。立上がりエッジに余計な遷移があると、PLLは目的の信号に対するノイズを自動追跡しようとして、この問題を回避するには、デジタル制御信号の配線を見直し、SYNC信号へのクロストークを最小限に抑えてください。

アプリケーション情報

最小オン時間に関する検討事項

最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ は、LTC7880が下側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下側MOSFETをオフ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。

$$t_{ON(MIN)} < \left(1 - \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}\right) \cdot \frac{1}{f_{OSC}}$$

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は増加します。

LTC7880の最小オン時間は約120nsです。最小オン時間の増大を回避するには、優れたPCBレイアウト、30%以上のインダクタ電流リップル、および電流検出信号に少なくとも10mV~15mVのリップルが必要です。最小オン時間はPCBの電圧ループや電流ループのスイッチング・ノイズの影響を受けることがあります。ピーク電流の検出電圧が減少するにつれて、最小オン時間は150nsまで徐々に増加します。これは、強制連続アプリケーションでリップル電流が小さく負荷が軽い場合に、特に懸念される点です。この状況でデューティ・サイクルが最小オン時間の限度を下回ると、大きなサイクル・スキップが発生する可能性があり、それに応じて電流リップルと電圧リップルが大きくなります。

外部温度の検出

LTC7880は、各チャンネルのパワー段の温度を測定できます。シリコン接合のリモート・センサーを使用する複数の方法がサポートされています。遠隔検出回路によって生成される電圧は内蔵のADCによってデジタル化され、ページ指定されたREAD_TEMPERATURE_1遠隔測定コマンドによって温度の計算値が返されます。

外部温度測定を最も正確に行うには、図32に示すように、MMBT3906などのダイオード接続のPNPトランジスタを使用します。このセンサー構成を使用する場合は、MFR_PWM_MODE_LTC7880のビット5を0に設定します(ΔV_{BE} 法)。トランジスタはパワー段のインダクタに接触させるか、すぐ近くに配置します。PNPトランジスタのエミッタはTSNS_nピンに接続する一方で、ベース端子とコレクタ端子は、ケルビン接続を使用してLTC7880のピン53に接続して直接戻す必要があります。最高のノイズ耐性を得るには、接続の配線を差動式にして、10nFのコンデンサをダイオード接続のPNPと並列に配置します。コンデンサとトランジスタの間のPCBパターンの寄生インダクタンスは最小限に抑えてください。トランジスタとコンデンサの間にPCBのビアを配置するのは避けてください。

また、LTC7880は、MFR_PWM_MODE_LTC7880のビット5を1に設定した場合、接合電圧の直接測定をサポートします。出荷時のデフォルト設定では、図34に示すような抵抗調整式のデュアル・ダイオード・ネットワークをサポートしています。2番目の測定方法は、概して最初の方法ほど正確ではありませんが、従来のパワー・ブロックをサポートしており、ノイズの多い環境で信号レベルが低めのために ΔV_{BE} 法を使用できない場合には、必要であると分かります。

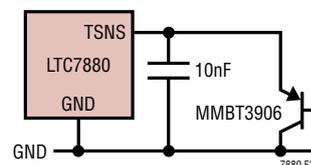


図33. ΔV_{BE} による外部温度の検出

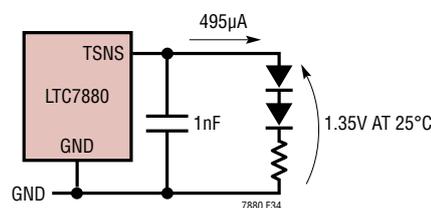


図34. 2D+Rによる温度検出

アプリケーション情報

いずれの方法の場合も、外部温度センサーの勾配はMFR_TEMP_1_GAINに格納されている係数で変更できます。ΔV_{BE}法の場合、標準的なPNPでは、温度勾配を1よりわずかに小さくする調整が必要です。MMBT3906の概算の推奨値は、理想係数1.01に基づいてMFR_TEMP_1_GAIN = 0.991です。MFR_TEMP_1_GAINを計算するには、単純に理想係数の逆数をとります。理想係数はメーカーやロットごとに様々な値をとります。この値を設定するときは、メーカーに問い合わせてください。p-n接合の直接測定法を使用する場合は、試作品の特性評価を全温度範囲にわたって実施してからMFR_TEMP_1_GAINの最終的な値を選択することを推奨します。

外部温度検出のオフセットは、MFR_TEMP_1_OFFSETを使用して調整できます。

外部温度検出素子を使用しない場合は、TSNS_nピンをGNDに短絡する必要があります。UT_FAULT_LIMITを-275 °Cに、UT_FAULT_RESPONSEを無視に、IOUT_CAL_GAIN_TCの値を0に設定する必要があります。

これらの温度調整パラメータを適切に使用するには、MFR_PWM_MODE_LTC7880 コマンドのセクションに記載の2つの方法に対して与えられた専用の式を参照してください。

EEPROMデータ保持期間の温度でのディレーティング

-40°C~125°Cの範囲内では、EEPROMの読出し動作はデータ記憶に影響しません。ただし、85°Cより高い温度でEEPROMに書き込むか、125°Cより高い温度でEEPROMを保管するか動作させると、データ保持期間は短くなります。85°Cより高い温度で不規則の障害ログが生成される場合、EEPROMの障害ログ領域でのデータ保持期間はわずかに短くなりますが、機能やEEPROMの他の記憶領域の使用には影響しません。EEPROMの高温での他の機能の詳細については、動作のセクションを参照してください。データの劣化は、次式を使用して無次元の加速係数を計算することによって概算できます。

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

ここで、

- AF = 加速係数
- E_a = 活性化エネルギー = 1.4eV
- k = 8.617 • 10⁻⁵ eV/K
- T_{USE} = 規定のジャンクション温度
- T_{STRESS} = 実際のジャンクション温度(°C)

一例として、デバイスを130°Cで10時間保管すると、次のようになります。

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

$$AF = e^{\left[\left(\frac{1.4}{8.617 \cdot 10^{-5}} \right) \cdot \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{403} \right) \right]} = 1.66$$

これはデバイスを125°Cで10 • 1.66 = 16.6時間動作させたのと同じ結果を示しており、データ保持期間が6.6時間下がったこととなります。

出力電流検出アンプ

上側MOSFETのドレインとグラウンドの間のコンデンサは、低ESRのセラミック・コンデンサにします。このコンデンサは、高周波の過渡入力電流を供給するため、上側MOSFETのドレインにできるだけ近づけて配置します。こうすると、上側MOSFETのゲートからのノイズが出力電流検出アンプの入力および電源に送られまいようにするのに役立ちます。出力電圧レベルが高い場合は、IOUT⁺ピンおよびIOUT⁻ピンとVSENSE0⁺ピンの間に1kΩ抵抗と10nFコンデンサのRCフィルタが必要な場合があります。

出力電流検出アンプを使用しない場合は、VSENSE0⁺、IOUT⁺、IOUT⁻の各ピンを互いに短絡してください。

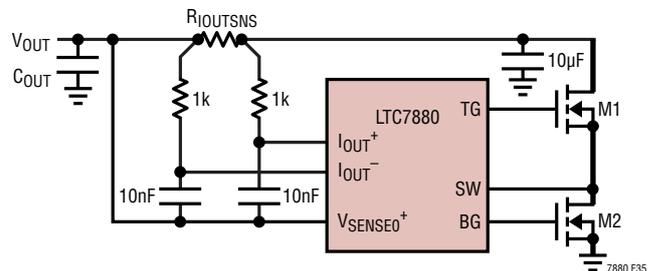


図 35. 低ノイズの出力電流検出回路

アプリケーション情報

外付け抵抗設定ピン (RCONFIG)

LTC7880は、外付け抵抗の構成を使用するよう出荷時にプログラムされています。これにより、PMBus インターフェースを介してデバイスをプログラムすることも、プログラム済みのカスタム・デバイスを購入することもなく、出力電圧、PWM 周波数、PWM 位相制御、および PMBus アドレスを設定できます。抵抗によるプログラミングを行うには、 V_{DD25} と GND の間に配置した抵抗分圧器を RCONFIG ピンに接続することが必要です。RCONFIG ピンに応答指令信号が送られるのは、最初の電源投入時とリセット時だけなので、デバイスに電源が投入されている間の動作中に値を変更しても効果はありません。同じ IC の複数の RCONFIG ピンに同じプログラミングが必要な場合は、これらのピンで1つの抵抗分圧器を共有できます。許容誤差が1%以内の抵抗を使用して、適正な動作を確保する必要があります。以降の表では、 R_{TOP} は V_{DD25} と RCONFIG ピンの間に接続するのに対して、 R_{BOT} は RCONFIG ピンと GND の間に接続します。ノイズの多いクロック信号の配線は、これらのピンに近づけないようにします。

電圧の選択

V_{OUTn_CFG} ピンを使用して出力電圧を設定すると、以下のパラメータは出力電圧のパーセント値として設定されます。

- $V_{OUT_OV_FAULT_LIMIT}$ +10%
- $V_{OUT_OV_WARN_LIMIT}$ +7.5%
- V_{OUT_MAX} +7.5%
- $V_{OUT_MARGIN_HIGH}$ +5%
- $V_{OUT_MARGIN_LOW}$ -5%
- $V_{OUT_UV_WARN_LIMIT}$ -6.5%
- $V_{OUT_UV_FAULT_LIMIT}$ -7%

V_{OUTn_CFG} ピンを使用して出力電圧を設定するには、表3を参照してください。1%精度の抵抗を使用して、適正な動作を確保する必要があります。 V_{OUT} を 28V 以下に設定する場合は、低範囲を使用します。

表 3. V_{OUTn_CFG}

R_{TOP} (k Ω)	R_{BOTTOM} (k Ω)	V_{OUT} (V)	ON/OFF
0 or Open	Open	EEPROM	EEPROM
10	23.2	54	ON
10	15.8	50	ON
16.2	20.5	48	ON
16.2	17.4	44	ON
20	17.8	40	ON
20	15	36	ON
20	12.7	32	ON
20	11	28	ON
24.9	11.3	24	ON
24.9	9.09	18	ON
24.9	7.32	15	ON
24.9	5.76	12	ON
24.9	4.32	10	ON
30.1	3.57	8	ON
30.1	1.96	7	ON
Open	0	EEPROM	OFF

周波数の選択

PWM スイッチング周波数は、表4に従って設定します。複数の LTC7880 を使用して出力を生成する PolyPhase 構成では、SYNC ピンを共用する必要があります。構成が PolyPhase ではない場合は、SYNC ピンを共用する必要はありません。複数の LTC7880 間で SYNC ピンを共用する場合は、イネーブルする SYNC ピンは1つだけにして、それ以外の全ての SYNC ピンはディスエーブルしてください。SYNC ピンには V_{DD33} へのプルアップ抵抗が必要です。

例えば、クロックが 250kHz の 4 相構成では、全ての LTC7880 を目的の周波数および位相に設定する必要があり、いずれか1つの LTC7880 を、SYNC ピンをディスエーブルして目的の周波数に設定します。全ての位相制御は SYNC の立下がりエッジを基準にしています。

LTC7880 のチップ1では、周波数を 250kHz に設定し、位相シフトを 90° および 270° にして、SYNC ピンをイネーブルします。

周波数: $R_{TOP} = 24.9\text{k}\Omega$ および $R_{BOT} = 9.09\text{k}\Omega$

位相: $R_{TOP} = 30.1\text{k}\Omega$ および $R_{BOT} = 1.96\text{k}\Omega$

アプリケーション情報

LTC7880のチップ2では、周波数を250kHzに設定し、位相シフトを0°および180°にして、SYNCピンをディスエーブルします。

周波数: $R_{TOP} = 24.9k\Omega$ および $R_{BOT} = 9.09k\Omega$

位相: $R_{TOP} = 24.9k\Omega$ および $R_{BOT} = 11.3k\Omega$

周波数および位相は、全てFREQ_CFGピンとPHAS_CFGピンを使用して設定します。前述のアプリケーションでは、SYNCピンの接続がチップ1から失われると、チップ2は内部で周波数が失われたことを検出して、250kHzでスイッチングを続行します。ただし、チップ間でSYNCピンの接続が断たれているので、出力電圧リップルは目標値より高くなる可能性が高くなります。チップ2ではMFR_PADSのビット10がローにアサートされます。これは、チップ2が外部のSYNC入力を想定しているときに専用の内部発振器を動作させていることを示しています。

表4.FREQ_CFG抵抗のプログラミング

R_{TOP} (k Ω)	R_{BOT} (k Ω)	スイッチング周波数 (kHz)
0 or Open	Open	EEPROM
10	23.2	EEPROM
10	15.8	EEPROM
16.2	20.5	EEPROM
16.2	17.4	EEPROM
20	17.8	500
20	15	425
20	12.7	350
20	11	300
24.9	11.3	275
24.9	9.09	250
24.9	7.32	200
24.9	5.76	150
24.9	4.32	125
30.1	3.57	100
30.1	1.96	85
Open	0	External SYNC Only

位相の選択

SYNCの立下がりエッジを基準にしたチャンネルの位相は、表5の値を使用して設定します。

表5.PHAS_CFG抵抗のプログラミング

R_{TOP} (k Ω)	R_{BOT} (k Ω)	θ_{SYNC} と θ_0 の間	θ_{SYNC} と θ_1 の間	SYNC出力	
0 or Open	Open	EEPROM	EEPROM	EEPROM	
10	23.2	EEPROM	EEPROM	EEPROM	
10	15.8	EEPROM	EEPROM	EEPROM	
16.2	20.5	120°	300°	DISABLED	
16.2	17.4	60°	240°		
20	17.8	120°	240°		
20	15	0°	120°		
20	12.7	0°	240°		
20	11	90°	270°		
24.9	11.3	0°	180°		
24.9	9.09	120°	300°		ENABLED
24.9	7.32	60°	240°		
24.9	5.76	120°	240°		
24.9	4.32	0°	120°		
30.1	3.57	0°	240°		
30.1	1.96	90°	270°		
Open	0	0°	180°		

RCONFIGを使用したアドレスの選択

LTC7880のアドレスは、表6に従って2つの設定ピンASEL0およびASEL1をプログラムすることによって選択します。ASEL0ではLTC7880のデバイス・アドレスの下位4ビットをプログラムし、ASEL1では上位3ビットをプログラムします。また、アドレスのいずれの部分もEEPROMのMFR_ADDRESSの値から読み出すことができます。両方のピンをオープンにした場合は、EEPROMに格納されている全7ビットのMFR_ADDRESSの値を使用してデバイス・アドレスを決定します。LTC7880は7ビットのグローバル・アドレス(0x5Aおよび0x5B)に必ず応答します。MFR_ADDRESSはこれらのいずれの値にも設定しないでください。これらはグローバル・アドレスであり、全てのデバイスが応答するようになるからです。

アプリケーション情報

表 6.ASEL_n 抵抗のプログラミング

RTOP (kΩ)	RBOT (kΩ)	ASEL1		ASEL0	
		LTC7880のデバイス・アドレス・ビット [6:4]		LTC7880のデバイス・アドレス・ビット [3:0]	
		2進数	16進数	2進数	16進数
0 or Open	Open	EEPROM		EEPROM	
10	23.2			1111	F
10	15.8			1110	E
16.2	20.5			1101	D
16.2	17.4			1100	C
20	17.8			1011	B
20	15			1010	A
20	12.7			1001	9
20	11			1000	8
24.9	11.3	111	7	0111	7
24.9	9.09	110	6	0110	6
24.9	7.32	101	5	0101	5
24.9	5.76	100	4	0100	4
24.9	4.32	011	3	0011	3
30.1	3.57	010	2	0010	2
30.1	1.96	001	1	0001	1
Open	0	000	0	0000	0

効率に関する検討事項

スイッチングレギュレータのパーセント表示での効率は、出力電力を入力電力で割って100%を掛けたものに等しくなります。多くの場合、個々の損失を分析して、効率を制限する要素が何であり、また何が変化すれば最も効率が改善されるかを判断することが有益です。パーセント表示の効率は、次式で表すことができます。

$$\%Efficiency = 100\% - (L1 + L2 + L3 + \dots)$$

ここで、L1、L2などは入力電力に対するパーセント値で表した個々の損失です。

回路内の電力を消費する全ての素子で損失が生じますが、LTC7880の回路での損失の大部分は、通常、主に次の5つの要因によって生じます。それは、1) デバイスのV_{BIAS}電流、2) DRV_{CC}レギュレータの電流、3) I²R損失、4) 下側MOSFETの遷移損失、5) ボディダイオードの導通損失です。

- V_{BIAS}電流は電気的特性の表に記載されているDC電源電流であり、これにはMOSFETドライバ電流や制御電流は含まれません。V_{BIAS}電流による損失は通常小さな値です(0.1%未満)。
- DRV_{CC}電流は、MOSFETドライバ電流と制御電流の合計です。MOSFETドライバ電流は、パワーMOSFETのゲート容量をスイッチングすることによって流れます。MOSFETのゲートがローからハイに切り替わり、再びローに切り替わるたびに、DRV_{CC}からグラウンドに一定量の電荷dQが移動します。それによって生じるdQ/dtはDRV_{CC}から流れ出る電流であり、一般に制御回路の電流よりはるかに大きくなります。連続モードでは、I_{GATECHG} = f(Q_T + Q_B)です。ここで、Q_TとQ_Bは上側MOSFETと下側MOSFETのゲート電荷です。
- DCのI²R損失。これは、MOSFET、検出抵抗、インダクタ、およびプリント回路基板のトレースの各抵抗成分によって発生し、大きな出力電流が流れるときに効率低下の原因になります。
- 遷移損失は下側のMOSFETにのみ当てはまり、しかも大きくなるのは低い入力電圧で動作している場合に限りです。遷移損失は次式から概算できます。

$$\text{Transition Loss} = (1.7) \cdot \frac{V_{OUT}^3}{V_{IN}} \cdot \frac{I_{OUT(MAX)}}{2} \cdot C_{RSS} \cdot f$$

- ボディダイオードの導通損失は、スイッチング周波数が高いほど大きくなります。デッドタイムの間、上側MOSFETでの損失はI_{OUT}・V_{DS}です。ここで、V_{DS}は約0.7Vです。スイッチング周波数が高くなると、デッドタイムがスイッチングサイクルのかなりの割合を占めるようになり、効率が低下します。

銅パターンや内部バッテリー抵抗など他の隠れた損失は、携帯用システムでは更に5%~10%の効率低下を生じる可能性があります。こうした「システム」レベルの損失を設計段階で盛り込むことが非常に重要です。内部バッテリーとヒューズの抵抗損失は、スイッチング周波数においてC_{IN}に適切な電荷を蓄積し、ESRを小さくすれば最小限に抑えることができます。その他の損失には、デッドタイム中のショットキーの導通損失とインダクタのコア損失が含まれます。

アプリケーション情報

プログラム可能なループ補償

LTC7880は、プログラム可能なループ補償により、ハードウェアを変更せずに過渡応答を最適化することができます。図36に示すように、エラー・アンプのゲイン g_m は $1.0\text{mS} \sim 5.73\text{mS}$ の範囲で変化し、補償抵抗 R_{ITH} はコントローラ内部では $0\text{k}\Omega \sim 62\text{k}\Omega$ の範囲で変化します。この設計では2つの補償コンデンサ C_{TH} および C_{THP} が必要であり、 C_{TH} と C_{THP} の比の代表値は10です。

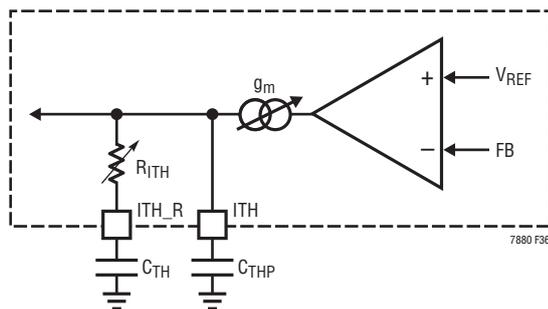


図36. プログラム可能なループ補償

g_m と R_{ITH} だけを調整することにより、LTC7880は柔軟なタイプIIの補償回路ネットワークを実現して、広範囲の出力コンデンサにわたってループを最適化できます。 g_m を調整すると、図37に示すように、ポールとゼロの位置を移動することなく、全周波数範囲にわたって補償のゲインを変更できます。

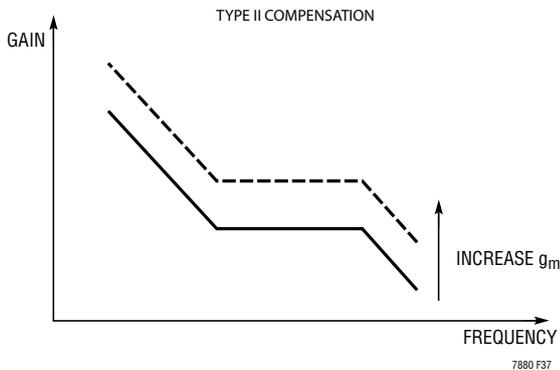


図37. エラー・アンプの g_m 調整

R_{ITH} を変更すると、図38に示すように、ポールとゼロの位置が変わります。LTPowerCAD ツールを使用して、 g_m および R_{TH} の適切な値を決定することを推奨します。

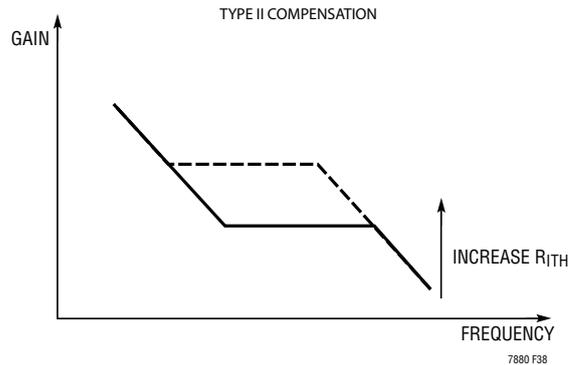


図38. R_{TH} の調整

過渡応答のチェック

レギュレータのループ応答は、負荷電流の過渡応答を調べることで確認できます。スイッチング・レギュレータは、DC (抵抗性) 負荷電流のステップに反応するのに数サイクルを要します。負荷ステップが発生すると、 V_{OUT} は $\Delta I_{LOAD} \cdot (ESR)$ に等しい大きさだけシフトします。ここで、ESRは C_{OUT} の等価直列抵抗です。また、 ΔI_{LOAD} は、 C_{OUT} の充電または放電を開始して帰還誤差信号を発生します。この信号により、レギュレータは、電流変化に適応して V_{OUT} を定常状態の値に戻すよう動作します。この回復期間に、安定性に問題があることを示す過度のオーバーシュートやリングが発生しないか、 V_{OUT} をモニタできます。 I_{TH} ピンを備えているので、制御ループ動作を最適化できるだけでなく、DC結合され、ACフィルタを通したクロズドループ応答のテスト・ポイントも得られます。このテスト・ポイントでのDCステップ、立上がり時間、およびセトリングは、クロズドループ応答を正確に反映します。2次特性が支配的なシステムを想定すれば、位相余裕やダンピング・ファクタは、このピンに現れるオーバーシュートのパーセンテージを使用して概算できます。このピンの立上がり時間を調べるにより、帯域幅も概算できます。代表的なアプリケーションの回路に示す I_{THR} の外付けコンデンサは、ほとんどのアプリケーションで妥当な初期値として使用されます。ループ・ゲインに影響するプログラム可能なパラメータは、電圧範囲 (MFR_PWM_CONFIG_LTC7880 コマンドのビット [1])、電流範囲 (MFR_PWM_MODE_LTC7880 コマンドのビット 7)、PWMチャンネル・アンプの g_m (MFR_PWM_COMPのビット [7:5])、および内部の R_{ITH} 補償抵抗 (MFR_PWM_COMPのビット [4:0]) です。補償計算の前には、必ずこれらの設定値を決めるようにしてください。

アプリケーション情報

I_{TH} ピンの直列の内部 R_{ITH} - 外部 C_C フィルタにより、支配的なポールゼロ・ループ補償が設定されます。内部 R_{ITH} の値は、MFR_PWM_COMP コマンドのビット [4:0] を使用して ($0\Omega \sim 62k\Omega$ の範囲で) 変更できます。最終的なプリント基板レイアウトが完了して、 C_C フィルタ・コンデンサと出力コンデンサの種類と値を具体的に決めたら、 R_{ITH} の値を調整して過渡応答を最適化します。ループのゲインと位相は、出力コンデンサの様々な種類と値によって決まるので、出力コンデンサは選択する必要があります。立ち上がり時間が $1\mu s \sim 10\mu s$ の最大負荷電流の20%~80%の出力電流パルスによって発生する出力電圧波形と I_{TH} ピンの波形により、帰還ループを開くことなく全体的なループの安定性を判断することができます。パワー MOSFET にグラウンドへの抵抗を取り付けて出力コンデンサの両端に直接接続し、適切な信号発生器でゲートを駆動するのが、負荷ステップを作り出す実用的な方法です。MOSFET+ R_{SERIES} により、 V_{OUT}/R_{SERIES} にはほぼ等しい出力電流が発生します。電流制限の設定値と事前設定の出力電圧により異なりますが、 R_{SERIES} の値は $0.1\Omega \sim 2\Omega$ が妥当です。出力電流のステップ変化によって生じる初期出力電圧ステップは帰還ループの帯域幅内にならない場合があるため、位相余裕を決定するのにこの信号を使用することはできません。このため、 I_{TH} ピンの信号を調べる方が確実です。この信号は帰還ループ内にあり、フィルタを通して補償された制御ループ応答です。ループのゲインは R_{ITH} を大きくすると増加し、ループの帯域幅は C_C を小さくすると広がります。 C_C を減少させると同じ比率で R_{ITH} を増加させるとゼロの周波数は変化しないので、帰還ループの最も重要な周波数範囲で位相シフトが一定に保たれます。ループのゲインは、MFR_PWM_COMP コマンドのビット [7:5] を使用して設定するエラーアンプのトランスコンダクタンスに比例します。出力電圧のセトリングの様子はクロズドループ・システムの安定性に関係し、電源全体の実際の性能を表します。

次に、大容量の ($>1\mu F$) 電源バイパス・コンデンサが接続されている負荷で切替えが行われると、更に大きなトランジェントが発生します。放電したバイパス・コンデンサが実質的に C_{OUT} と並列接続された状態になるため、 V_{OUT} が急激に低下します。負荷スイッチの抵抗が小さく、かつ短時間で駆動されると、どのようなレギュレータでも出力電圧の急激なステップ変化を防止できるほど素早く電流供給を変えることはできません。 C_{LOAD} 対 C_{OUT} の比率が 1:50 より大きい場

合は、スイッチの立ち上がり時間を制御して、負荷の立ち上がり時間を約 $25 \cdot C_{LOAD}$ に制限するようにしてください。そうすることにより、 $10\mu F$ のコンデンサでは $250\mu s$ の立ち上がり時間が必要になり、充電電流は約 $200mA$ に制限されるようになります。

PolyPhase 構成

複数の LTC7880 を使用して PolyPhase レールを構成する場合は、両方のデバイスの SYNC、ITH、SHARE_CLK、 \overline{FAULT}_n 、PGOOD $_n$ 、および \overline{ALERT} ピンを共用する必要があります。 \overline{FAULT}_n 、PGOOD $_n$ 、SYNC、SHARE_CLK、および \overline{ALERT} には、必ずプルアップ抵抗を使用してください。LTC7880 の SYNC ピンのいずれか1つを目的のスイッチング周波数に設定し、それ以外の全ての FREQUENCY_SWITCH コマンドを外部クロックに設定する必要があります。外部発振器を接続する場合は、全ての LTC7880 を対象に FREQUENCY_SWITCH コマンドを外部クロックに設定します。全てのチャンネルの相対位相は等間隔にします。全てのデバイスの MFR_RAIL_ADDRESS を同じ値に設定してください。

複数の LTC7880 を使用して PolyPhase レールを接続する場合は、LTC7880 の V_{IN} ピンを V_{IN} ピンのフィルタ・ネットワークを介して電源電圧に直接戻します。

プリント回路基板レイアウトのチェックリスト

プリント回路基板をレイアウトするときは、以下のチェックリストを使用して、このデバイスが正しく動作するようにします。図39のレイアウト図に、これらの項目を図示しています。連続モードで動作している同期整流式レギュレータの様々な分岐に現れる電流波形を図40に示します。レイアウトでは、以下の項目をチェックしてください。

1. 上側の N チャンネル MOSFET (M1) は、 C_{OUT} から 1cm 以内に配置されていますか。
2. 信号グラウンドと電源グラウンドは分離されていますか。 C_{DRVCC} のグラウンド帰還路は、1つにまとめた C_{OUT} の (-) 端子に戻す必要があります。
3. I_{TH} のパターンはできるだけ短くします。

アプリケーション情報

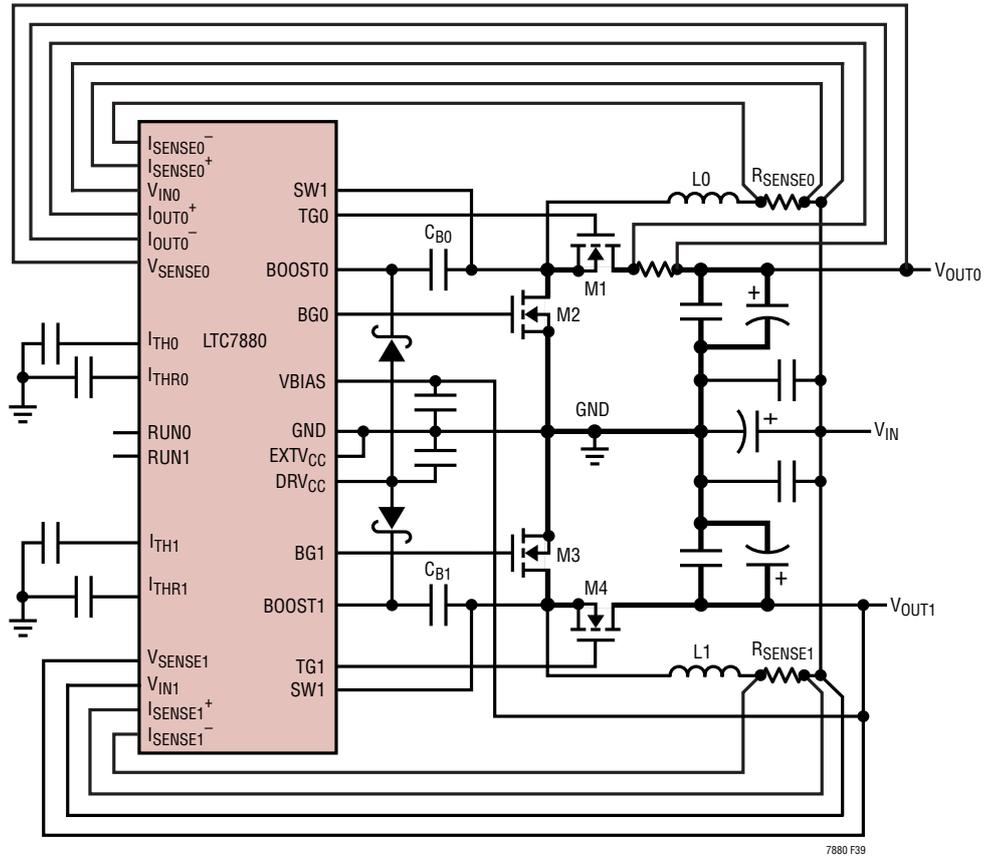


図 39. 推奨プリント回路レイアウト図

アプリケーション情報

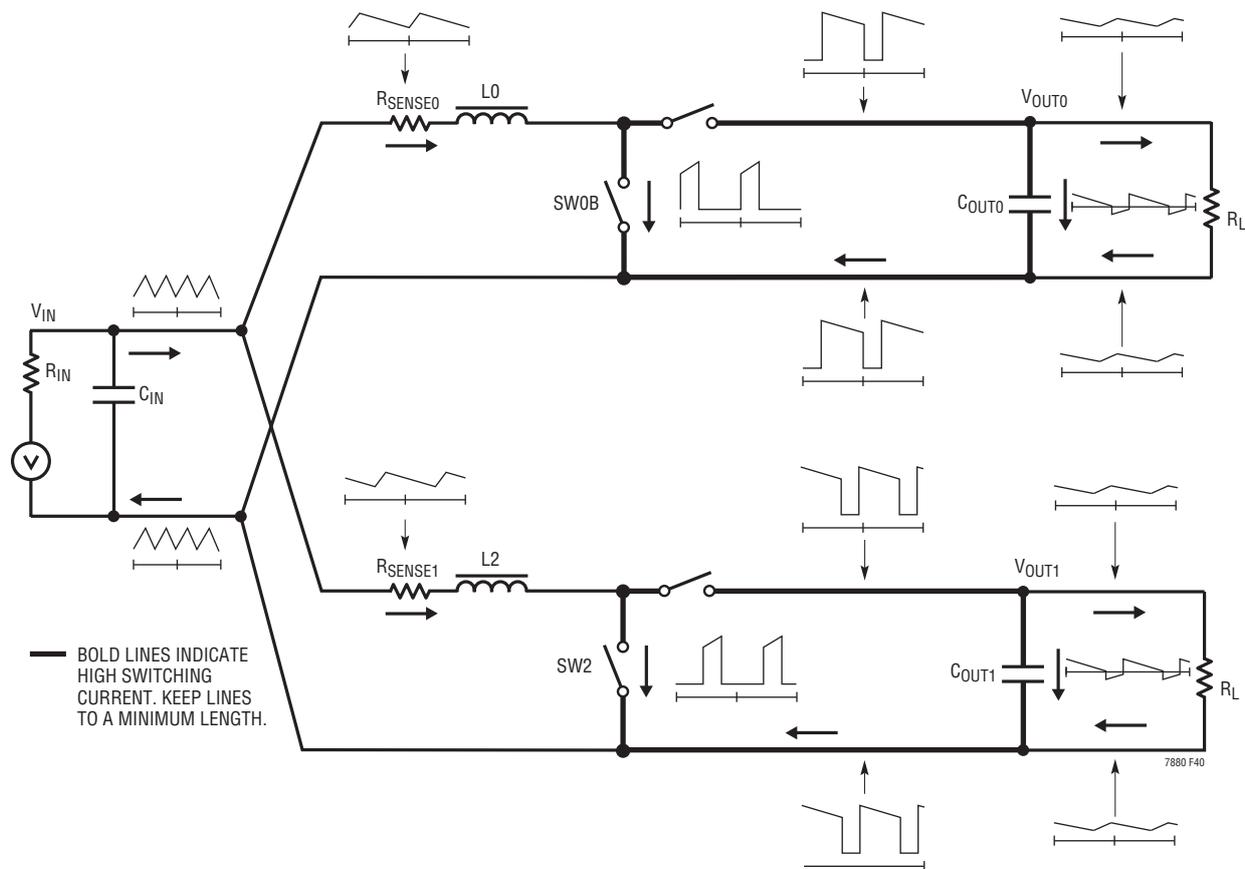


図 40. 枝路電流の波形

アプリケーション情報

4. 上側のNチャンネルMOSFET、下側のNチャンネルMOSFET、 C_{OUT} コンデンサで形成されるループのリードとプリント基板パターンを短くします。
5. 出力コンデンサの(-)端子と入力コンデンサの(-)端子はできるだけ近づけて接続します。そのためには、コンデンサを互いに隣接させ、項目4のショットキー・ダイオード・ループからは離して配置します。
6. I_{SENSE}^+ と I_{SENSE}^- のリードは、プリント基板の最小パターン間隔で一緒に配線されていますか。 I_{SENSE}^+ と I_{SENSE}^- の間のフィルタ・コンデンサは、ICにできるだけ近づけます。検出抵抗とインダクタのどちらかを電流検出に使用する場合でも、これらにはケルビン接続を使用し、正確な電流検出になるようにしてください。
7. DRV_{CC} のデカップリング・コンデンサは、ICの近くで DRV_{CC} ピンと電源グラウンド・ピンの間に接続されていますか。このコンデンサはMOSFETドライバのピーク電流を供給します。1 μ Fのセラミック・コンデンサを1個、 DRV_{CC} ピンとGNDピンのすぐ近くに追加すると、ノイズ性能を大幅に改善できます。
8. スイッチング・ノード(SW_n)、上側ゲート・ノード(TG_n)、および昇圧ノード($BOOST_n$)は、高感度の小信号ノード、特に電圧検出と電流検出の帰還ピンから離してください。これら全てのノードの信号は非常に大きく、高速で変化するので、LTC7880の出力側に配置し、プリント基板のパターン面積を最小限に抑えます。DCRによる検出を使用する場合は、上側の抵抗(図25a、 R_1)をスイッチング・ノードに近づけて配置します。
9. 改良型の「スター・グラウンド」手法を使用します。これは、入力コンデンサおよび出力コンデンサと同じ側のプリント基板にある低インピーダンスの広い銅領域の中央接地点で、ここに DRV_{CC} と $EXTV_{CC}$ のデカップリング・コンデンサの下側、帰還抵抗分圧器の下側、およびデバイスのGNDピンを接続します。
10. I_{OUT}^+ ピンと I_{OUT}^- ピンを $R_{SENSEOUT}$ 検出抵抗にケルビン接続していますか。こうすると、入力電流測定時にプリント基板のパターン抵抗による誤差が発生しません。これらのパターンはできるだけ短くして、スイッチング・ノードや昇圧ノードなど、ノイズの多いノードから遠ざけて配線してください。

プリント回路基板レイアウトのデバッグ

回路をテストするとき、DC~50MHzの電流プローブを使用してインダクタの電流をモニタすることは有用です。出力スイッチング・ノード(SW_n ピン)をモニタして、オシロスコープを内部発振器に同期させ、実際の出力電圧も調べてください。アプリケーションで予想される動作電圧および電流範囲で、適切な性能が達成されていることをチェックします。ドロップアウト状態になるまでの入力電圧範囲で、更に、出力負荷が低電流動作閾値を下回るまで、動作周波数が保たれるようにしてください。

適切に設計された低ノイズのプリント回路基板実装では、デューティ・サイクルのパーセンテージがサイクル間で変動しません。低調波の周期でデューティ・サイクルが変動する場合、電流検出入力または電圧検出入力にノイズを拾っているか、またはループ補償が適当でない可能性があります。レギュレータの帯域幅を最適化する必要がない場合は、ループを過補償にしてPCBレイアウトの不備を補うことができます。

出力をモニタしながら V_{IN} を下げて動作を確認し、低電圧ロックアウト回路の動作をチェックします。

問題があるのは出力電流が大きいときのみ、または入力電圧が高いときのみであるかどうかを調べます。入力電圧が高かつ出力電流が小さいときに問題が発生する場合は、 $BOOST_n$ 、 SW_n 、 TG_n 、場合によっては BG_n と、高感度の電圧ピンおよび電流ピンとの間に容量性結合がないかを調べます。電流検出ピン間に接続するコンデンサは、デバイスのピンのすぐ近くに配置する必要があります。このコンデンサは、高周波容量性結合による差動ノイズの混入の影響を最小限に抑えるのに役立ちます。入力電圧が低く電流出力負荷が大きいときに問題が生じる場合は、 C_{IN} 、ショットキー・ダイオード、および上側MOSFETと、高感度の電流検出および電圧検出パターンとの間に誘導性結合がないかを調べます。更に、これらの部品とデバイスのGNDピンの間の、共通グラウンド経路の電圧ピックアップも調べてください。

アプリケーション情報

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

- VOUT_OV_FAULT_LIMIT +10%
- VOUT_OV_WARN_LIMIT +7.5%
- VOUT_MAX +7.5%
- VOUT_MARGIN_HIGH +5%
- VOUT_MARGIN_LOW -5%
- VOUT_UV_WARN_LIMIT -6.5%
- VOUT_UV_FAULT_LIMIT -7%

その他のユーザ定義パラメータは、全てEEPROMにプログラムする必要があります。LTPPを利用することで、目的の動作パラメータによってデバイスを素早くセットアップできます。

部品はシングル・チャンネル動作に基づいて設計されています。インダクタンスの値は、40%の最大リップル電流(2A)を前提にしています。30%リップル電流の最小インダクタンスは、次の式を使用して計算できます。

$$\Delta I_L = \left(\frac{V_{IN}}{f \cdot L} \right) \left(1 - \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \right)$$

リップル電流が最大になるのは、 $V_{IN} = 0.5V_{OUT} = 18V$ のときです。各チャンネルの最大インダクタ電流は次のとおりです。

$$I_{L(MAX)} = \frac{\Delta I_L}{2} + \frac{I_{OUT(MAX)}}{(1-D)}$$

どちらのチャンネルにも3.5A (35%)のリップルが発生します。ピーク・インダクタ電流は、最大平均値にリップル電流の1/2を加えた値(すなわち11.125A)になります。

Würth 7443641000 (25°CでのDCR: 2.4mΩ(代表値))が選択したインダクタです。

電流検出抵抗の最大値は、75mVの最大電流検出閾値を超えないよう十分に小さくする必要があります。

両チャンネルに $R_{SENSE} = 5m\Omega$ を設定すると以下のように計算できます。

$$R_{SENSE(MAX)} = \frac{75mV}{I_{OUT(MAX)}}$$

$$V_{ILIMIT} = I_{L(MAX)} \cdot R_{SENSE} = 11.75 \cdot 5m\Omega = 58.75mV$$

V_{ILIMIT} は、部品のばらつきとシステムのノイズが平均電流を制限しないように75mVに設定する必要があります。

C_{OUT} は、出力の方形波電流を除去できるように選択します。低ESR (5mΩ)のコンデンサを推奨します。このコンデンサは、出力電圧リップルを55.6mVに制限します(ESRがリップルの主要因と仮定)。

その他の設計チェック

FAULT0とFAULT1は互いに接続して、10kの抵抗で V_{DD33} にプルアップします。

RUN0とRUN1は互いに接続して、10kの抵抗で V_{DD33} にプルアップします。

LTCの他のPSMデバイスがある場合は、RUNピンをチップ間で接続して、更にFAULTピンをチップ間で接続します。

このアプリケーションでは、全てのPMBusピンを V_{DD33} まで抵抗でプルアップし、これらの入力をLTCの全てのPSMデバイス間で接続するようにしてください。

SHARE_CLKを10kの抵抗で V_{DD33} に接続して、このアプリケーションにおける全てのLTCのPSMデバイス間で共用します。

各チップの固有アドレスは、ASEL0ピンとASEL1ピンを使用して復号できることに注意してください。表6を参照してください。

柔軟性を最大限に高めるため、 R_{TOP} と R_{BOTTOM} の基板スペースを見込んで、ASEL0やASEL1などの抵抗で設定されるパラメータに対応するようにします。

アプリケーション情報

USB-I²C/SMBus/PMBus間アダプタからシステム内のLTC7880への接続

LTCのUSB-I²C/SMBus/PMBusアダプタ(DC1613Aまたは同等品)は、お客様の基板上にあるLTC7880とインターフェースをとって、プログラミング、遠隔測定、およびシステムのデバッグを行うことができます。このアダプタは、LTpowerPlayと組み合わせて使用すると、電源システム全体を強力にデバッグできます。遠隔測定値、障害ステータス・コマンド、および障害ログを使用して、障害を素早く診断することができます。最終設定を迅速に作成して、LTC7880のEEPROMに格納できます。

システム電源が存在するかどうかに関係なく、LTCのI²C/SMBus/PMBusアダプタを介して、1つ以上のLTC7880に対する電力供給、プログラミング、および通信を行うためのアプリケーション回路図を図42に示します。システム電源が存在しない場合は、アダプタからV_{DD33}電源ピンを介してLTC7880に電力を供給します。V_{BIAS}が印加されておらず、V_{DD33}ピンに電力が供給されているときにデバイスを初期化するには、グローバル・アドレス0x5B、コマンド0xBD、データ0x2B、その後アドレス0x5B、コマンド0xBD、およびデータ0xC4を使用します。これにより、LTC7880は正常に通信できるようになるため、構成を変更しEEPROMにロードすることができます。V_{BIAS}を印加したら、MFR_RESETを発行してPWMをイネーブルし、有効なA/D変換結果を読み出すことができるようにする必要があります。

アダプタの電流供給能力は限られているので、入力3.3V電源から電力を供給するのは、LTC7880、付随するプルアップ抵抗、およびI²Cのプルアップ抵抗に限定してください。更に、I²Cバス接続をLTC7880と共有するデバイスでは、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てください。ボディ・ダイオードは、システム電源が存在しないときバス通信に干渉するからです。V_{BIAS}を印加した場合、DC1613Aは基板上のLTC7880に電力を供給しなくなります。RUN_nピンをローに保持するか、電圧設定抵抗を挿入しないようにして、デバイスが完全に設定されるまで負荷に電力を与えないことを推奨します。

LTC7880は、DC1613AによってホストPCのグラウンドから完全に絶縁されています。アダプタからの3.3VとLTC7880のV_{DD33}ピンは、別個のPFETを使用してそれぞれのLTC7880まで駆動する必要があります。V_{BIAS}を印加していない場合は、内蔵LDOがオフなので、V_{DD33}ピンを接続してもかまいません。DC1613Aの3.3Vの電流制限は100mAですが、V_{DD33}の代表的な電流は15mA以下です。V_{DD33}はDRV_{CC}/EXTV_{CC}ピンを逆駆動します。V_{BIAS}がオープンの場合は、このことは通常問題ありません。

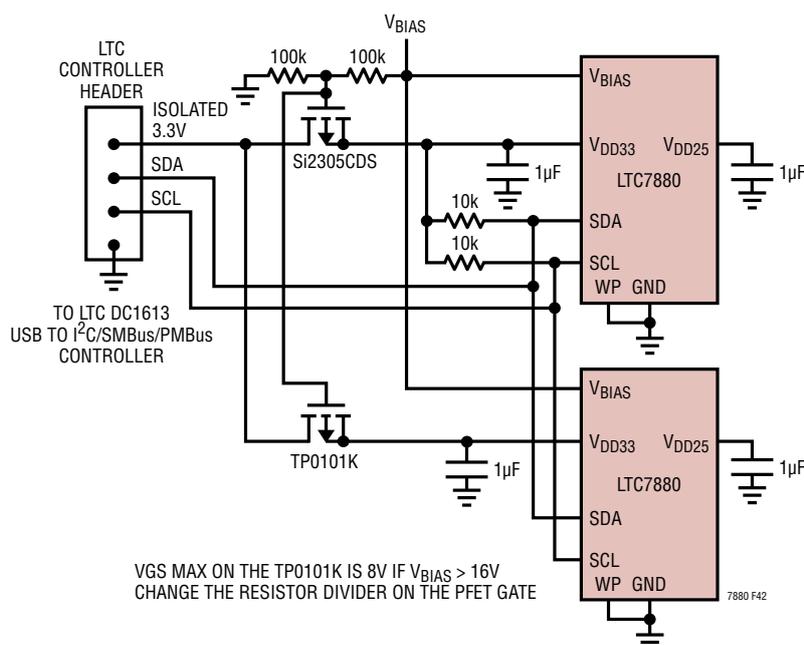


図42. LTCコントローラの接続

アプリケーション情報

LTpowerPlay: デジタル電源用のインタラクティブ GUI

LTpowerPlay は、LTC7880を含むLTC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様々な作業をサポートします。デモ基板またはお客様のアプリケーションに接続することにより、LTpowerPlayを使用してLTCのICを評価できます。また、LTpowerPlayは、保存してから後で再ロードできる多数のIC設定ファイルを作成するために、(ハードウェアと接続しない)オフライン・モードでも使用できます。LTpowerPlayは、従来にない診断機能とデバッグ機能を提供します。基板起動時の貴重な診断ツールになっており、パワー・システムのプログラムや調整、あるいはレール起動時の電源問題の診

断を目的として使用します。LTpowerPlayは、LTCのUSB-I²C/SMBus/PMBus間アダプタを使用して、DC2155A デモ基板など多くの潜在的ターゲットの1つ、またはお客様のターゲット・システムと通信します。また、このソフトウェアは自動更新機能も備えており、最新のデバイス・ドライバと技術文書一式により、リビジョンを最新の状態に維持します。LTpowerPlayでは、豊富なコンテキスト・ヘルプといくつかのチュートリアル・デモを利用することができます。詳細は次のサイトで参照できます。

LTpowerPlay

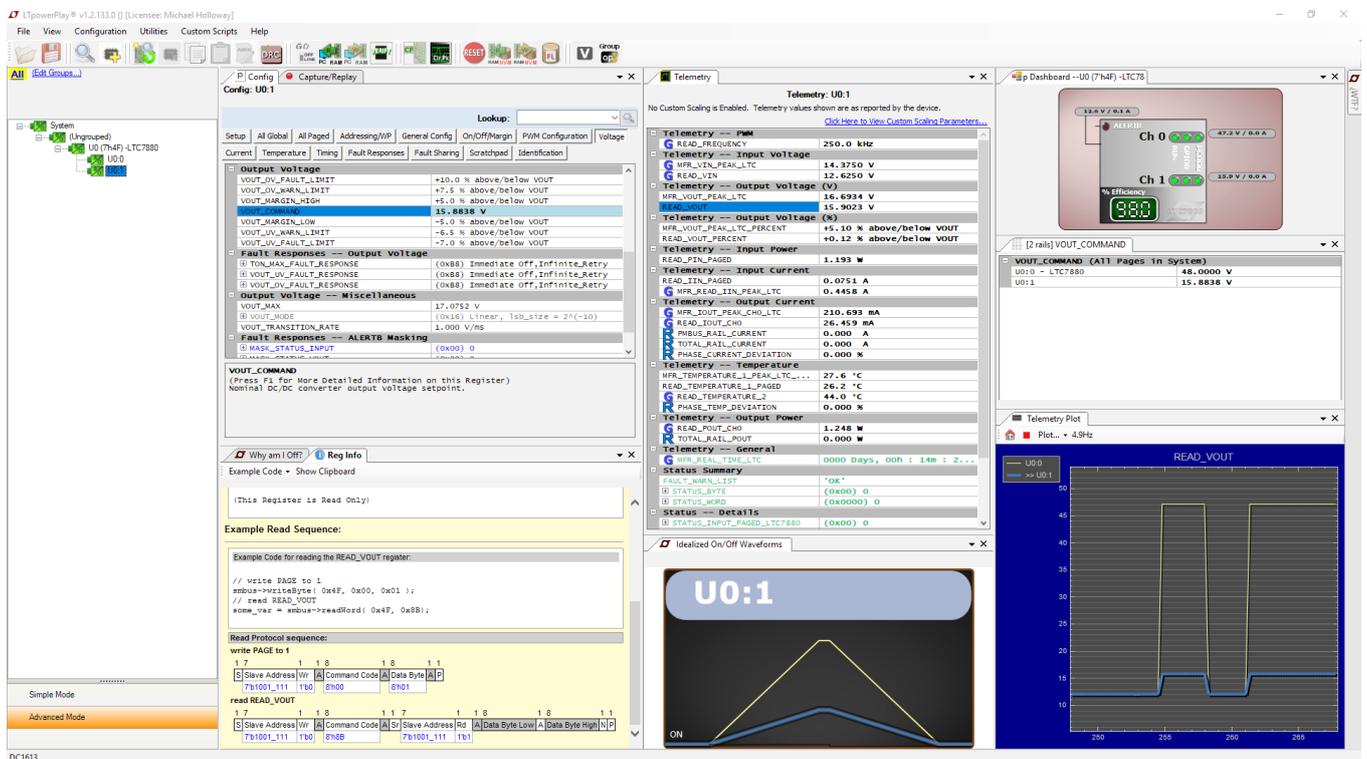


図43. LTpowerPlayのスクリーン・ショット

アプリケーション情報

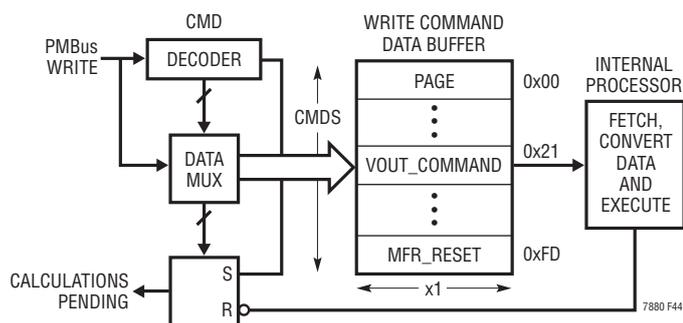


図44. 書き込みコマンドのデータ処理

PMBus通信とコマンド処理

LTC7880は、図44「書き込みコマンドのデータ処理」に示すように、処理の前にサポート対象コマンドごとに書き込まれた最後のデータを保持するため、ディープ・バッファを内蔵しています。デバイスは、バスから新しいコマンドを受信すると、そのデータを書込みコマンド・データ・バッファにコピーして、このコマンド・データを取り出す必要があることを内部プロセッサに示し、コマンドを内部フォーマットに変換して、実行できるようにします。

2つの異なる並列ブロックがコマンドのバッファリングとコマンド処理(取り出し、変換、実行)を管理して、どのコマンドに対しても書き込まれた最後のデータが決して失われないようにします。コマンド・データのバッファリングは、コマンド・データを書込みコマンド・データ・バッファに格納し、これらのコマンドにマークを付けて将来の処理に備えることにより、入ってくるPMBus書き込みを処理します。内部プロセッサは並列に動作し、処理対象のマークが付いているコマンドの取り出し、変換、実行といった低速になることがあるタスクを処理します。

大量の計算が必要な一部のコマンド(例: タイミング・パラメータ、温度、電圧、電流)では、PMBusのタイミングに比べて内部プロセッサの実行時間が長くなることがあります。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届くと、実行が遅れる場合や、受け取った順序とは異なる順序で実行される場合があります。デバイスは、内部計算が処理中である場合、それをMFR_COMMONのビット5(「計算は保留中ではない」)によって示します。デバイスが計算でビジー状態になっている場合、ビット5はクリアされます。このビットが設定されると、デバイスは別のコマンドを実行する準備が整います。ポーリング・ループの例を図45に示します。ポーリング・ループは、コマンドが確実に順序どおり処理されるようにする一方で、エラー処理ルーチンを簡略化します。

```
// wait until chip is not busy
do
{
    mfrCommonValue = PMBUS_READ_BYTE(0x6F);
    partReady = (mfrCommonValue & 0x68) == 0x68;
}while(!partReady)

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

図45. VOUT_COMMANDのコマンド書き込みの例

デバイスはビジー状態の間に新しいコマンドを受け取ると、この状態を標準のPMBusプロトコルを使用して伝達します。デバイスは、その設定に応じて、コマンドに対してNACKを返すか、全て1(0xFF)を返して読出しに備えます。また、BUSY障害とALERT通知を生成することや、SCLクロックのローの時間を長くすることもできます。クロック・ストレッチングは、MFR_CONFIG_ALL_LTC7880のビット1をアサートすることにより、有効にすることができます。クロック・ストレッチングが実行されるのは、それを有効にして、かつバス通信速度が100kHzを超えている場合だけです。

PMBus ビジー・プロトコルは広く受け入れられている規格ですが、システム・レベル・ソフトウェアの記述がやや複雑になることがあります。このデバイスには3つの「ハンドシェーキング」ステータス・ビットが用意されており、これによって複雑さが軽減されつつ、堅牢なシステム・レベルの通信が可能になります。

アプリケーション情報

3つのハンドシェーキング・ステータス・ビットは、MFR_COMMONレジスタ内にあります。デバイスは、内部動作の実行中でビジー状態のとき、MFR_COMMONのビット6(「デバイスはビジーではない」)をクリアします。特に、VOUTが遷移状態(マージンのハイ/ロー制御、電源のオフ/オン、新しい出力電圧設定値への移行など)であることが理由でデバイスがビジー状態である場合、デバイスはMFR_COMMONのビット4(出力は遷移中でない)をクリアします。内部計算が進行中のときは、MFR_COMMONのビット5(「計算は保留されない」)がクリアされます。これら3つのステータス・ビットは、3つ全てのビットが設定されるまで、MFR_COMMONレジスタのPMBus読出しバイトを使用してポーリングすることができます。ステータス・ビットが設定された直後のコマンドは受け付けられ、NACK応答が返されることも、BUSY障害信号/ $\overline{\text{ALERT}}$ 通知が生成されることもありません。ただし、PMBus仕様が要求する他の理由(例えば、無効なコマンドやデータなど)によって、デバイスはコマンドにNACK応答を返すことがあります。VOUT_COMMANDレジスタに対する堅牢なコマンド書込みアルゴリズムの例を図45に示します。

ビジー動作や不要な $\overline{\text{ALERT}}$ 通知を扱うことによって処理が更に複雑になるのを避けるため、コマンド書込み(バイト書込み、ワード書込みなど)の前に必ずポーリング・ループを実装することを推奨します。これを達成する簡単な方法は、SAFE_WRITE_BYTE()サブルーチンおよびSAFE_WRITE_WORD()サブルーチンを作成することです。前述のポーリング・メカニズムを使用することで、ソフトウェアをクリーンかつシンプルに保ちつつ、デバイスとの堅牢な通信を実現できます。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、次に示すアプリケーション・ノートのレストランを参照してください。

設計ツール

100kHz以下のバス速度で通信する場合、ここに示すポーリング・メカニズムは、クロック・ストレッチングなしで堅牢な通信を可能にする簡素な解決策を提供します。バス速度が100kHzを超える場合は、クロック・ストレッチングが有効になるようにデバイスを設定することを強く推奨します。このためには、クロック・ストレッチングをサポートするPMBusマスタが必要です。PMBusの標準的なNACK/BUSY障害を検出して、正常に回復させるシステム・ソフトウェアが必要です。

LTC7880は、バス速度が400kHzを超えるアプリケーションには推奨しません。

PMBus コマンドの詳細

アドレス指定と書き込み保護

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
PAGE	0x00	複数ページのPMBusデバイスとの統合を実現します。	R/W Byte	N	Reg			0x00
PAGE_PLUS_WRITE	0x05	サポートされているコマンドをPWMチャンネルに直接書き込みます。	W Block	N				
PAGE_PLUS_READ	0x06	サポートされているコマンドをPWMチャンネルから直接読み出します。	Block R/W	N				
WRITE_PROTECT	0x10	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。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x00
MFR_ADDRESS	0xE6	7ビットのI ² Cアドレス・バイトを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x4F
MFR_RAIL_ADDRESS	0xFA	PolyPhase出力の共通パラメータを調整するための共通アドレス。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80

PAGE

PAGE コマンドは、MFR_ADDRESS または 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 チャンネルの設定、制御、およびモニタを実行できます。各 PAGE には、一方の PWM チャンネルの動作コマンドが含まれます。

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、以下の全てのページ化コマンドが両方の出力に適用されます。PAGE を 0xFF に設定したデバイスからの読出しは推奨しません。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

PAGE_PLUS_WRITE

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

PAGE コマンドで格納された値は、PAGE_PLUS_WRITE による影響を受けません。PAGE_PLUS_WRITE を使用してページ化以外のコマンドを送信する場合、ページ番号バイトは無視されます。

このコマンドはブロック書き込みプロトコルを使用します。2 バイトのデータを伴うコマンドを送信する PEC 付き PAGE_PLUS_WRITE コマンドの一例を図 46 に示します。

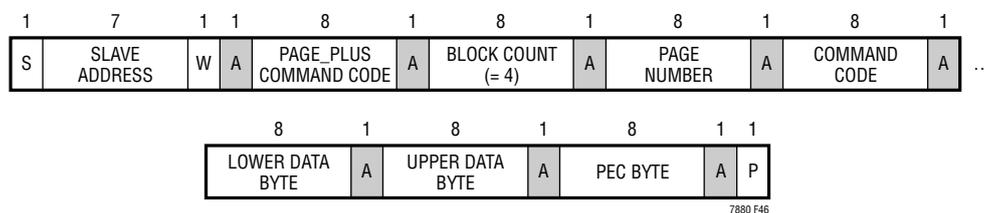


図 46. PAGE_PLUS_WRITE の例

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たデータを1つの通信パケットで全て読み出す機能を提供します。

PAGE コマンドで格納された値は、PAGE_PLUS_READ による影響を受けません。PAGE_PLUS_READ を使用してページ化以外のコマンドからのデータにアクセスする場合、ページ番号バイトは無視されます。

このコマンドは「ブロック書込み-ブロック読出しプロセス呼び出し」プロトコルを使用します。PEC付きのPAGE_PLUS_READ コマンドの一例を図47に示します。

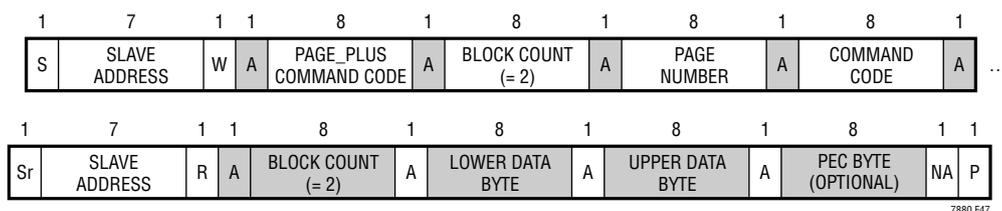


図47. PAGE_PLUS_READ の例

注: PAGE_PLUS コマンドをネストすることはできません。PAGE_PLUS コマンドは、別の PAGE_PLUS コマンドの読出しまたは書込みに使用することはできません。これを試行すると、LTC7880 は PAGE_PLUS パケット全体に NACK を返し、無効なデータやサポートされていないデータに対して CML 障害信号を出力します。

WRITE_PROTECT

WRITE_PROTECT コマンドは、LTC7880 デバイスへの書込みを制御するために使用します。このコマンドは、MFR_COMMON コマンドで規定される WP ピンの状態は表示しません。WP ピンはこのコマンドの値より優先されます。

バイト	意味
0x80	WRITE_PROTECT、PAGE、MFR_EE_UNLOCK、STORE_USER_ALL コマンドに対する書込みを除く、全ての書込みを無効化する。
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込みを除く、全ての書込みを無効化します。個々の障害ビットは、STATUS コマンドのそれぞれのビットに1を書き込むことによってクリアできます。
0x20	WRITE_PROTECT、OPERATION、MFR_EE_UNLOCK、MFR_CLEAR_PEAKS、CLEAR_FAULTS、PAGE、ON_OFF_CONFIG、VOUT_COMMAND、STORE_USER_ALL に対する書込みを除く、全ての書込みを無効化します。個々の障害ビットは、STATUS コマンドのそれぞれのビットに1を書き込むことによってクリアできます。
0x10	予備、0にする必要があります。
0x08	予備、0にする必要があります。
0x04	予備、0にする必要があります。
0x02	予備、0にする必要があります。
0x01	予備、0にする必要があります。
0x00	全てのコマンドへの書込みを有効にします。

PMBus コマンドの詳細

WRITE_PROTECT を 0x00 に設定すると、全てのコマンドへの書込みが有効になります。

WP ピンがハイの場合は、PAGE、OPERATION、MFR_CLEAR_PEAKS、MFR_EE_UNLOCK、WRITE_PROTECT、CLEAR_FAULTS コマンドがサポートされます。個々の障害ビットは、STATUS コマンドのそれぞれのビットに 1 を書き込むことによってクリアできます。

MFR_ADDRESS

MFR_ADDRESS コマンド・バイトは、このデバイスに対して 7 ビットの PMBus スレーブ・アドレスを設定します。

このコマンドの値を 0x80 に設定すると、デバイスのアドレス指定は無効になります。グローバル・デバイス・アドレス (0x5A および 0x5B) を非活動状態にすることはできません。RCONFIG を無視するよう設定した場合は、ASEL0 ピンと ASEL1 ピンを引き続き使用して、チャンネル・アドレスの LSB と MSB をそれぞれ決定します。ASEL0 ピンと ASEL1 ピンを両方共オープンにした場合、LTC7880 は EEPROM に格納されたアドレスを使用します。ASEL0 ピンをオープンにした場合、LTC7880 は EEPROM に格納された MFR_ADDRESS 値の下位 4 ビットを使用して、デバイスの有効なアドレスを作成します。ASEL1 ピンをオープンにした場合、LTC7880 は EEPROM に格納された MFR_ADDRESS 値の上位 3 ビットを使用して、デバイスの有効なアドレスを作成します。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

MFR_RAIL_ADDRESS

MFR_RAIL_ADDRESS コマンドを使用すると、デバイス・アドレスによって、PAGE で起動したチャンネルに直接アクセスできます。このコマンドの値は、そのレール・アドレスに設定された全てのデバイスに対して共通にする必要があります。

このアドレスにはコマンドの書込みだけを実行してください。このアドレスからの読出しを実行した場合、レール接続デバイスが完全に同じ値で応答しないと、LTC7880 はバス競合を検出して、CML 通信障害を設定します。

このコマンドの値を 0x80 に設定すると、該当チャンネルのレール接続デバイスのアドレス指定は無効になります。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

汎用設定コマンド

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1D
MFR_CONFIG_ALL_LTC7880	0xD1	汎用の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x21

PMBus コマンドの詳細

MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880

LTC の複数の製品に共通の汎用設定コマンドです。

ビット	意味
7	予備
6	予備
5	予備
4	RUN のロー状態を無効にします。このビットがアサートされると、オフが指定された場合、RUN ピンにローのパルスが出力されません。
3	短サイクル。このビットがアサートされると、出力は、TOFF_DELAY または TOFF_FALL を待機している間オンするよう指示されていた場合、即座にオフになります。120ms の TOFF_MIN が受け付けられると、デバイスはオンするよう指示されます。
2	SHARE_CLOCK 制御。SHARE_CLOCK をローに保持すると、出力はディスエーブルされます。
1	FAULT を外部からローにした場合、ALERT はローになりません。
0	MFR_RETRY_TIME 処理に関する V _{OUT} の減衰値条件を無効にします。このビットを 0 に設定すると、出力は PWM が再起動する前に事前設定値の 12.5% より低い値に減衰する必要があります。このことは、障害、OFF/ON コマンド、ハイからローへの RUN ピンの遷移など、PWM をオフにするどの動作に対しても適用されます。このビットを 1 に設定した場合、TOFF_MAX 警告ステータスは生成されません。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

MFR_CONFIG_ALL_LTC7880

LTC の複数の製品に共通の汎用設定コマンドです。

ビット	意味
7	障害ログを有効にします。
6	抵抗設定ピンを無視します。
5	クイック・コマンド・メッセージの CML 障害を無効にします。
4	SYNC 出力をディスエーブルします。
3	255ms の PMBus タイムアウトを有効にします。
2	PMBus の書込みが受け付けられるために必要な有効な PEC。このビットを設定しないと、デバイスは無効な PEC が指定されたコマンドを受け付けません。
1	PMBus クロック・ストレッチングの使用を可能にします。
0	いずれかの RUN ピンの立上がりエッジで CLEAR_FAULTS を実行します。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

オン/オフ/マージン

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、マージン・ハイおよびマージン・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x40
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUN ピンおよび PMBus バスの オン/オフ・コマンドの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E
MFR_RESET	0xFD	電源の遮断が不要のコマンドによるリセット。	Send Byte	N				NA

PMBus コマンドの詳細

ON_OFF_CONFIG

ON_OFF_CONFIG コマンドは、PWM チャンネルをオン／オフするために必要な RUN_n ピンの入力状態と PMBus コマンドの組み合わせを指定します。

サポート対象値:

値	意味
0x1F	OPERATION の値と RUN _n ピンの両方がデバイスの起動／実行を指示する必要があります。コマンドでオフが指定されると、デバイスは即時のオフを実行します。
0x1E	OPERATION の値と RUN _n ピンの両方がデバイスの起動／実行を指示する必要があります。コマンドでオフが指定されると、デバイスは TOFF_ コマンドの値を使用します。
0x17	コマンドでオフが指定された場合、即時オフによる RUN _n ピンの制御を実行。OPERATION によるオン／オフ制御は無視されます。
0x16	コマンドでオフが指定された場合、TOFF_XXXX コマンドの値を使用した RUN _n ピンの制御を実行。OPERATION によるオン／オフ制御は無視されます。

サポートされていない ON_OFF_CONFIG の値をプログラムすると、CML 障害が発生し、コマンドは無視されます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

OPERATION

OPERATION コマンドは、デバイスをオン／オフするために、RUN_n ピンからの入力と組み合わせて使用します。また、デバイスの出力電圧をマージン電圧の上限または下限に設定する場合にも使用します。デバイスは、次の OPERATION コマンドまでか、RUN_n ピンの状態の変化によって別のモードに切り替えられるまで、コマンド指定の動作モードにとどまります。EEPROM の OPERATION コマンドの値が MARGIN_LOW/HIGH 状態に設定されると、次の RESET または POWER_ON サイクル時にその状態まで上昇します。OPERATION コマンドを変更すると（例えば、ON を MARGIN_LOW に変更すると）、出力は VOUT_TRANSITION_RATE によって設定された固定の勾配で変化します。デフォルトの動作コマンドはソフト・オフです。出荷時のデフォルトのプログラミングによってデバイスに V_{BIAS} を印加し、VOUT_CONFIG 抵抗設定ピンを配線しなかった場合、出力はオフになるよう指定されます。

デバイスはデフォルトでシーケンス・オフ状態になっています。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

サポート対象値:

値	意味
0xA8	マージン・ハイ。
0x98	マージン・ロー。
0x80	オン (ON_OFF_CONFIG のビット 3 が設定されていない場合でも V _{OUT} は公称値に戻る)。
0x40*	ソフト・オフ (シーケンス制御あり)。
0x00*	即時オフ (シーケンス制御なし)。

*ON_OFF_CONFIG のビット 3 が設定されていない場合、デバイスはこれらのコマンドに回答しません。

サポートされていない OPERATION の値をプログラムすると、CML 障害が発生し、コマンドは無視されます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_RESET

このコマンドは、LTC7880 をシリアル・バスからリセットする手段を提供します。これにより、LTC7880 は両方の PWM チャンネルをオフし、内部 EEPROM から動作メモリをロードして、全ての障害情報をクリアしてから、両方の PWM チャンネルのソフトスタートを実行します (イネーブルされた場合)。

この書込み専用コマンドにはデータ・バイトはありません。

PMBus コマンドの詳細

PWM 設定

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_PWM_COMP	0xD3	PWMループ補償の設定	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x70
MFR_PWM_MODE_LTC7880	0xD4	PWMエンジン用の設定	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC1
MFR_PWM_CONFIG_LTC7880	0xF5	位相制御など、DC/DCコントローラの多くのパラメータを設定します。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x10
FREQUENCY_SWITCH	0x33	コントローラのスイッチング周波数	R/W Word	N	L11	kHz	Y	250 0xF3E8

MFR_PWM_MODE_LTC7880

MFR_PWM_MODE_LTC7880 コマンドは、重要なPWM制御をチャンネルごとに設定します。ビット[0]および[6]は、アドレス指定チャンネルがオンしているときに変更できますが、コマンドを発行するときにその他のビットを変更する場合は、チャンネルをオフする必要があります。チャンネルがオンしていて、[0]および[6]以外のビットが変更されると、LTC7880はCML障害信号を出力して、コマンドとそのデータを無視します。

MFR_PWM_MODE_LTC7880 コマンドを使用すると、PWMコントローラが不連続モード(パルス・スキップ・モード)または強制連続導通モードのどちらを使用するかをプログラムできます。

ビット	意味
[7]	ILIMITの高範囲を使用します。
0b	低電流範囲
1b	高電流範囲
[6]	サーボ・モードをイネーブルします。
[5]	外部温度検出:
0b	0: ΔV_{BE} 測定。
1b	1: 電圧の直接測定。
[4]	予備
[3:2]*	DRV _{CC} の選択およびEXTV _{CC} の切替え閾値
00b	DRV _{CC} = 6.3V、EXTV _{CC} の閾値 = 5.3V
01b	DRV _{CC} = 8.3V、EXTV _{CC} の閾値 = 7.7V
10b	DRV _{CC} = 10V、EXTV _{CC} の閾値 = 7.7V
[1]	V _{OUT} の範囲
0b	最大出力電圧は60V
1b	最大出力電圧は30V
[0]	モード
0b	不連続
1b	強制連続

* PAGE 0のみ。PAGE 1のビット[3:2]は予備。

このコマンドのビット[7]は、デバイスがIIN_OC_FAULT_LIMITコマンドの高範囲または低範囲のいずれに入っているかを決定します。このビットの値を変更すると、PWMループのゲインおよび補償が変更されます。チャンネルの出力がアクティブなときは、このビットの値は変更できません。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書き込むと、CML障害が発生します。

PMBus コマンドの詳細

ビット [6]: LTC7880 は、デバイスがオフのとき、電源電圧上昇時または下降時にはサーボ制御を行いません。1 に設定すると、出力サーボはイネーブルされます。出力設定点 DAC は、READ_VOUT_ADC と VOUT_COMMAND の差 (つまり、適切な余裕のある値) を最小限に抑えるよう徐々に調整されます。

ビット [5] がクリアされると、LTC7880 は、ADC が TSNS_n ピンで測定した ΔV_{BE} から、次のように温度 (°C) を計算します。

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

ビット [5] が設定されると、LTC7880 は、ADC が測定した TSNS_n ピンの電圧から、次のように温度 (°C) を計算します。

$$T = (G \cdot (1.35 - V_{TSNS_n} + 0) / 4.3e-3) + 25$$

この式では、

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

$$O = \text{MFR_TEMP_1_OFFSET}$$

ビット [3:2] は DRV_{CC} 電圧と EXT_{VCC} 切替え電圧を決定します。

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に入っているかを決定します。このビットの値を変更すると、PWM ループのゲインおよび補償が変更されます。チャンネルの出力がアクティブなときは、このビットの値は変更できません。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書き込むと、CML 障害が発生します。

ビット [0] は、PWM の動作モードが不連続モード (パルス・スキップ・モード) か強制連続導通モードかを決定します。このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。チャンネルの電圧上昇がオンのときは、このコマンドの値に関係なく、PWM モードは必ず不連続モードになります。

MFR_PWM_COMP

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

ビット	意味
ビット [7:5]	EA_{g_m} (mS)
000b	1.00
001b	1.68
010b	2.35
011b	3.02
100b	3.69
101b	4.36
110b	5.04
111b	5.73
ビット [4:0]	R_{ITH} (k Ω)
00000b	0
00001b	0.25
00010b	0.5
00011b	0.75
00100b	1

PMBus コマンドの詳細

ビット	意味
00101b	1.25
00110b	1.5
00111b	1.75
01000b	2
01001b	2.5
01010b	3
01011b	3.5
01100b	4
01101b	4.5
01110b	5
01111b	5.5
10000b	6
10001b	7
10010b	8
10011b	9
10100b	11
10101b	13
10110b	15
10111b	17
11000b	20
11001b	24
11010b	28
11011b	32
11100b	38
11101b	46
11110b	54
11111b	62

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_PWM_CONFIG_LTC7880

MFR_PWM_CONFIG_LTC7880 コマンドは、スイッチング周波数の位相オフセットをSYNC信号の立下がりエッジを基準にして設定します。デバイスはこのコマンドを処理するためにオフ状態になっている必要があります。RUNピンをローにするか、デバイスをコマンドでオフにする必要があります。一方のチャンネルがRUN状態の場合にこのコマンドを記述すると、コマンドにはNACKが返され、BUSY 障害信号がアサートされます。

PMBus コマンドの詳細

ビット	意味	
7	VFBOを使用します。	
0b	両方のチャンネルの帰還ノードが独立しています。	
1b	チャンネル1はチャンネル0の帰還ノードを使用します。	
[6:5]	出力電流検出ゲイン。	
00b	2倍のゲイン。0mV~50mVレンジ。	
01b	4倍のゲイン。0mV~20mVレンジ。	
10b	8倍のゲイン。0mV~5mVレンジ。	
11b	予備。使用しないでください。	
4	共有クロックのイネーブル: このビットが1の場合、 $V_{IN1} > VIN_ON$ になるまで SHARE_CLK ピンは解放されません。 $V_{IN1} < VIN_OFF$ のとき、SHARE_CLK ピンはローになります。このビットが0の場合は、 $V_{IN1} < VIN_OFF$ のときに SHARE_CLK ピンはローにならない。ただし、 V_{IN1} の初期アプリケーションを除きます。	
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
111b	予備。使用しないでください。	

PolyPhase 構成での使用以外は、ビット [7] をアサートしないでください。このビットがアサートされた場合は、 V_{SENSEn}^+ 、 I_{THn} 、 $PGOODn$ 、および $RUNn$ をチャンネル間で共用する必要があります。

FREQUENCY_SWITCH

FREQUENCY_SWITCH コマンドは、LTC7880 のスイッチング周波数 (kHz) を設定します。このコマンドは 85~500 の任意の値に設定できます。

デバイスはこのコマンドを処理するためにオフ状態になっている必要があります。RUN ピンをローにするか、両方のチャンネルをコマンドでオフにする必要があります。デバイスが RUN 状態の場合にこのコマンドを記述すると、コマンドには NACK が返され、BUSY 障害信号がアサートされます。デバイスがコマンドでオフになっているときに周波数を変更すると、PLL が新しい周波数に同期するので、PLL_UNLOCK ステータスが検出されることがあります。

PMBus コマンドの詳細

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

電圧

入力電圧とリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
VIN_OV_FAULT_LIMIT	0x55	入力電源の過電圧障害のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	40 0xE280
VIN_UV_WARN_LIMIT	0x58	入力電源の低電圧警告のリミット。	R/W Word	N	L11	V	Y	6.3 0xCB26
VIN_ON	0x35	デバイスが電力変換を開始する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	6.5 0xCB40
VIN_OFF	0x36	デバイスが電力変換を停止する入力電圧。	R/W Word	N	L11	V	Y	6.0 0xCB00

VIN_OV_FAULT_LIMIT

VIN_OV_FAULT_LIMIT コマンドは、ADCがVIN1ピンで測定した入力電圧(V)に対して、入力過電圧障害をトリガする値を設定します。

このコマンドはLinear_5s_11s フォーマットの2バイトのデータを伴います。

- STATUS_WORD のINPUT ビットを設定する
- STATUS_INPUT コマンドのVIN 障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ をアサートすることにより、ホストに通知する

VIN_UV_WARN_LIMIT

VIN_UV_WARN_LIMIT コマンドは、ADCがVIN1ピンで測定した入力電圧に対して、入力低電圧警告をトリガする値を設定します。この警告は、VIN_ON コマンドによって設定される入力起動閾値を入力が超えて、デバイスがイネーブルされた状態になるまで無効になっています。その後、VIN_UV_WARN_LIMIT を超えた場合、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_WORD のINPUT ビットを設定する
- STATUS_INPUT コマンドのVIN 低電圧警告ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ をアサートすることにより、ホストに通知する

VIN_ON

VIN_ON コマンドは、デバイスが電力変換を開始するVIN1ピン入力電圧(V)を設定します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

VIN_OFF

VIN_OFF コマンドは、デバイスが電力変換を停止するVIN1ピン入力電圧(V)を設定します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

出力電圧とリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のフォーマットおよび指数	R Byte	Y	Reg			2^{-10} 0x16
VOUT_MAX	0x24	他のコマンドに関係なくデバイスが指定できる出力電圧の上限。	R/W Word	Y	L16	V	Y	60 0xF000
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	26.4 0x699A
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	25.8 0x6733
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	マージン・ハイの出力電圧設定値。 VOUT_COMMANDより大きくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	25.2 0x64CD
VOUT_COMMAND	0x21	公称の出力電圧設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	24 0x6000
MFR_VOUT_START	0xDA	出力電圧ランプの立上がりの開始電圧。 出力電圧ランプの立下がりの終了電圧。	R/W Word	Y	L16	V	Y	18 0x4800
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	マージン・ローの出力電圧設定値。 VOUT_COMMANDより小さくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	22.8 0x5B33
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	22.2 0x58CD
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	21.6 0x5666
MFR_VOUT_MAX	0xA5	許容最大出力電圧。	R Word	Y	L16	V		60 0xF000

VOUT_MODE

VOUT_MODE コマンドのデータ・バイトは、出力電圧の指定および読出しに使用され、(リニア・フォーマットのみがサポートされる)3ビットのモードと、出力電圧の読出し／書込みコマンドで使用される指数を表す5ビットのパラメータで構成されます。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴います。

VOUT_MAX

VOUT_MAX コマンドは、他のコマンドまたはコマンドの組み合わせと関係なく、デバイスが指定できる電圧の上限(VOUT_MARGIN_HIGHを含む)を設定します。このコマンドの最大許容値は60Vです。LTC7880が発生できる最大出力電圧は、VOUT_MARGIN_HIGHを含めて60Vです。VOUT_OV_FAULT_LIMITに指定できるのは最大で60Vです。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

VOUT_OV_FAULT_LIMIT

VOUT_OV_FAULT_LIMIT コマンドは、OV 監視回路コンパレータによって検出ピンで測定された出力電圧に対して、出力過電圧障害を引き起こす出力電圧の値(V)を設定します。

PMBus コマンドの詳細

VOUT_OV_FAULT_LIMITを変更した場合で、デバイスがRUN状態である場合は、コマンドを変更後10msの余裕を持ち、新しい値が確実に受け付けられるようにします。デバイスは計算の実行でビジー状態になっているかどうかを示します。MFR_COMMONのビット5および6をモニタします。デバイスがビジー状態の場合は、いずれかのビットがローになります。この待ち時間を満たさない場合に、VOUT_COMMANDを変更して元の過電圧リミットより高くすると、一時的にOV条件が検出されて、スイッチャにとって望ましくない動作や損傷が生じる可能性があります。

VOUT_OV_FAULT_RESPONSEをOV_PULLDOWNまたは0x00に設定すると、VOUT_OV_FAULTが伝搬されている場合、 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンはアサートされません。過電圧状態を検出するとすぐに、LTC7880はTGをアサートし強制的にBGビットをローにします。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16uフォーマットが設定されています。

VOUT_OV_WARN_LIMIT

VOUT_OV_WARN_LIMITコマンドは、検出ピンでADCによって測定された出力電圧に対して、出力電圧「高」の警告を引き起こす出力電圧の値(V)を設定します。

VOUT_OV_WARN_LIMITを超えた場合に依じて、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTEのNONE_OF_THE_ABOVEビットを設定する
- STATUS_WORDのVOUTビットを設定する
- STATUS_VOUTコマンドのVOUT過電圧警告ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

この状態はADCによって検出されるので、応答時間は最大120msにすることができます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16uフォーマットが設定されています。

VOUT_MARGIN_HIGH

VOUT_MARGIN_HIGHコマンドは、OPERATIONコマンドが「マージン・ハイ」に設定された場合、出力の変更後の電圧(V)をデバイスにロードします。値はVOUT_COMMANDより大きくする必要があります。VOUT_MARGIN_HIGHの最大許容値は60Vです。

このコマンドは、TON_RISEおよびTOFF_FALLの出力シーケンス制御時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT_TRANSITION_RATEが使用されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16uフォーマットが設定されています。

VOUT_COMMAND

VOUT_COMMANDは2バイトで構成され、出力電圧(V)を設定するために使用されます。VOUTの最大許容値は60Vです。

このコマンドは、TON_RISEおよびTOFF_FALLの出力シーケンス制御時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT_TRANSITION_RATEが使用されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16uフォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

MFR_VOUT_START

MFR_VOUT_START コマンドは2バイトで構成され、出力電圧の TON_RISE ランプの開始点 (V) を設定するために使用されます。MFR_VOUT_START コマンドは、出力電圧の TOFF_FALL ランプの終了点 (V) を設定するためにも使用されます。MFR_VOUT_START の値は最大入力電圧より高く設定する必要があります。

このコマンドは、TON_RISE および TOFF_FALL の出力シーケンス制御時には動作しません。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

VOUT_MARGIN_LOW

VOUT_MARGIN_LOW コマンドは、OPERATION コマンドが「マージン・ロー」に設定された場合、出力の変更後の電圧 (V) をデバイスにロードします。値は VOUT_COMMAND より小さくする必要があります。

このコマンドは、TON_RISE および TOFF_FALL の出力シーケンス制御時には動作しません。出力がアクティブで定常状態になっているときにこのコマンドが変更されると、VOUT_TRANSITION_RATE が使用されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

VOUT_UV_WARN_LIMIT

VOUT_UV_WARN_LIMIT コマンドは、検出ピンで ADC によって測定された出力電圧に対して、出力電圧「低」の警告を引き起こす出力電圧の値 (V) を読み出します。

VOUT_UV_WARN_LIMIT を超えた場合に応じて、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTE の NONE_OF_THE_ABOVE ビットを設定する
- STATUS_WORD の VOUT ビットを設定する
- STATUS_VOUT コマンドの VOUT 低電圧警告ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

VOUT_UV_FAULT_LIMIT

VOUT_UV_FAULT_LIMIT コマンドは、UV 監視回路コンパレータによって検出ピンで測定された出力電圧に対して、出力低電圧障害を引き起こす出力電圧の値 (V) を読み出します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

- STATUS_WORD の VOUT ビットを設定する
- STATUS_VOUT コマンドの VOUT_UV 障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

PMBus コマンドの詳細

MFR_VOUT_MAX

MFR_VOUT_MAX コマンドは、各チャンネルの最大出力電圧(単位:V、VOUT_OV_FAULT_LIMITを含む)です。出力電圧を高範囲に設定(MFR_PWM_CONFIG_LTC7880のビット1を0に設定)した場合、MFR_VOUT_MAXは60Vになります。出力電圧を低範囲に設定(MFR_PWM_CONFIG_LTC7880のビット1を1に設定)した場合、MFR_VOUT_MAXは30Vになります。これより大きな値をVOUT_COMMANDに入力すると、CML 障害が発生し、出力電圧設定値は最大レベルにクランプされます。また、これによってSTATUS_VOUT コマンドにビット3(VOUT_MAX_Warning)が設定されます。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

電流とリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
IOUT_CAL_GAIN	0x38	出力電流検出ピンでの電圧と検出した電流との比。固定の電流検出抵抗を使用するデバイスの場合、それは抵抗値(mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	5.0 0xCA80
MFR_IIN_CAL_GAIN_TC	0xF6	電流検出素子の温度係数。	R/W Word	Y	CF		Y	0 0x0000
IIN_OC_FAULT_LIMIT	0x5B	入力過電流障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	25 0xDB20

IOUT_CAL_GAIN

IOUT_CAL_GAIN コマンドは、チャンネル0の出力電流検出抵抗の抵抗値(mΩ)を設定するときに使用します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

MFR_IIN_CAL_GAIN_TC

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

このコマンドは2バイトのデータを伴い、16ビットの2の補数形式の整数ppmでフォーマットが設定されています。

$N = -32768 \sim 32767 \cdot 10^{-6}$ です。公称温度は27°Cです。IIN_CAL_GAINに

$[1.0 + \text{MFR_IIN_CAL_GAIN_TC} \cdot (\text{READ_TEMPERATURE_1} - 27)]$ の項を掛けます。DCR 検出での代表値は3900です。

MFR_IIN_CAL_GAIN および MFR_IIN_CAL_GAIN_TC は、READ_IIN を含む全ての電流パラメータに影響を及ぼします。

PMBus コマンドの詳細

IIN_OC_FAULT_LIMIT

IIN_OC_FAULT_LIMIT コマンドは、ピーク入力電流制限値(A)を設定します。コントローラが電流制限状態になると、過電流検出器が過電流障害状態を示します。過電流障害の事前設定制限値は、次に示す一連の個別値のいずれか最も近い値に切り上げられます。

25mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	低範囲(公称ループ・ゲインの1.5倍) MFR_PWM_MODE_LTC7880 [7] = 0
28.6mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
32.1mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
35.7mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
39.3mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
42.9mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
46.4mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
50mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
37.5mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	高範囲(公称ループ・ゲイン) MFR_PWM_MODE_LTC7880 [7] = 1
42.9mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
48.2mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
53.6mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
58.9mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
64.3mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
69.6mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	
75mV/MFR_IIN_CAL_GAIN	

注：これは電流波形のピークです。READ_IIN コマンドは平均電流を返します。ピーク入力電流制限値は、次式を使用して、MFR_IIN_CAL_GAIN_TC に基づく温度で調整されます。

$$\text{ピーク電流制限値} = \text{MFR_IIN_CAL_GAIN} \cdot (1 + \text{MFR_IIN_CAL_GAIN_TC} \cdot (\text{READ_TEMPERTURE_1} - 27.0))$$

LTpowerPlay GUIは、電圧を電流に自動的に変換します。

IIN の範囲は、MFR_PWM_MODE_LTC7880 コマンドのビット7により設定されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

入力電流とリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の抵抗値(mΩ)。	R/W Word	Y	L11	mΩ	Y	3.0 0xC300

MFR_IIN_CAL_GAIN

IIN_CAL_GAIN コマンドは、入力電流検出抵抗の抵抗値(mΩ)を設定するときに使用します(READ_IIN も参照)。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

温度

外部温度キャリブレーション

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部温度センサーの勾配を設定します。	R/W Word	Y	CF		Y	1.0 0x4000
MFR_TEMP_1_OFFSET	0xF9	外部温度センサーのオフセットを設定します。	R/W Word	Y	L11	C	Y	0.0 0x8000

MFR_TEMP_1_GAIN

MFR_TEMP_1_GAIN コマンドは、外部温度センサーの勾配を変更して、素子の非理想特性とインダクタの温度のリモート検出に伴う誤差を考慮に入れます。

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

MFR_TEMP_1_OFFSET

MFR_TEMP_1_OFFSET コマンドは、外部温度センサーのオフセットを変更して、素子の非理想特性とインダクタの温度のリモート検出に伴う誤差を考慮に入れます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

外部温度リミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
OT_FAULT_LIMIT	0x4F	外部過熱障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	100.0 0xEB20
OT_WARN_LIMIT	0x51	外部過熱警告のリミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	85.0 0xEAA8
UT_FAULT_LIMIT	0x53	外部低温障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	C	Y	-40.0 0xE580

OT_FAULT_LIMIT

OT_FAULT_LIMIT コマンドは、ADCによって測定される、過熱障害を引き起こす外部検出温度(°C)の値を設定します。このリミットを超えたかどうかを判別するのに READ_TEMPERATURE_1 の値が使用されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

- STATUS_BYTE の TEMPERATURE 障害ビットを設定する
- STATUS_TEMPERATURE コマンドの OT 障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

PMBus コマンドの詳細

OT_WARN_LIMIT

OT_WARN_LIMIT コマンドは、ADCによって測定される、過熱警告を引き起こす外部検出温度(°C)の値を設定します。このリミットを超えたかどうかを判別するのに READ_TEMPERATURE_1 の値が使用されます。

OT_WARN_LIMIT を超えた場合に、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTE の TEMPERATURE ビットを設定する
- STATUS_TEMPERATURE コマンドの過熱警告ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

UT_FAULT_LIMIT

UT_FAULT_LIMIT コマンドは、ADCによって測定される、低温障害を引き起こす外部検出温度(°C)の値を設定します。このリミットを超えたかどうかを判別するのに READ_TEMPERATURE_1 の値が使用されます。

注: 温度センサーを取り付けていない場合は、UT_FAULT_LIMIT を -275°C に設定し、UT_FAULT_LIMIT 応答を無視するように設定して、 $\overline{\text{ALERT}}$ がアサートされないようにしてかまいません。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

- STATUS_BYTE の TEMPERATURE 障害ビットを設定する
- STATUS_TEMPERATURE コマンドの UT 障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

タイミング

タイミングーオン・シーケンス/ランプ

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
TON_DELAY	0x60	RUNまたはOPERATION(あるいはその両方)でのオンの指示から出力レールがオンするまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	0.0 0x8000
TON_RISE	0x61	出力電圧が上昇し始めてからVOUTのコマンド指定値に達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	8.0 0xD200
TON_MAX_FAULT_LIMIT	0x62	TON_RISEの開始からVOUTがVOUT_UV_FAULT_LIMITを超えるまでの最大時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	10.0 0xD280
VOUT_TRANSITION_RATE	0x27	VOUTに新しい値が指定されたときに出力電圧が変化する速度。	R/W Word	Y	L11	V/ms	Y	0.25 0xAA00

TON_DELAY

TON_DELAY コマンドは、開始条件を受け取ってから出力電圧が立ち上がり始めるまでの時間をミリ秒単位で設定します。0ms~83秒までの値が有効です。生じるターンオン遅延は、TON_DELAY = 0の場合に遅延の代表値の270 μs になり、TON_DELAYの全ての値に対して $\pm 50\mu\text{s}$ の不確か性があります。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

TON_RISE

TON_RISE コマンドは、出力が上昇し始める時間から出力がレギュレーション範囲内に入るまでの時間をミリ秒単位で設定します。0~1.3 秒までの値が有効です。デバイスはTON_RISE イベントの間、不連続モードになります。TON_RISE が0.25ms より短いと、LTC7880 のデジタル勾配はバイパスされ、出力電圧の遷移はPWM スイッチャのアナログ性能によってのみ制御されます。TON_RISE のステップ数はTON_RISE (ms)/0.1ms と等しく、その不確かさは±0.1ms です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

TON_MAX_FAULT_LIMIT

TON_MAX_FAULT_LIMIT コマンドは、出力低電圧障害のリミットにも、出力過電流障害のリミットにも達することなく、デバイスが出力の起動を試行可能な時間を設定します。

0ms というデータ値は、制限がないことと、デバイスが出力電圧の起動を無期限に試行できることを意味します。最大限度は83 秒です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

- STATUS_WORD の VOUT 障害ビットを設定する
- STATUS_VOUT コマンドの TON_MAX 障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

VOUT_TRANSITION_RATE

出力電圧を変更する VOUT_COMMAND または OPERATION (マージン・ハイ、マージン・ロー) を PMBus デバイスが受け取ると、このコマンドは出力電圧が変化する速度 (V/ms) を設定します。デバイスのオンまたはオフをコマンドで指定した場合、このコマンドで指定した変化速度は適用されません。最大許容勾配は4V/ms です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

タイミング-オフ-シーケンス/ランプ

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
TOFF_DELAY	0x64	RUN または OPERATION のオフから 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	出力が低下し始めてから出力が 0V に達するまでの時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	8.0 0xD200
TOFF_MAX_WARN_LIMIT	0x66	TOFF_FALL 完了後、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	150 0xF258

TOFF_DELAY

TOFF_DELAY コマンドは、停止条件を受け取ってから出力電圧が立ち下がり始めるまでの時間をミリ秒単位で設定します。0~83 秒までの値が有効です。生じるターンオフ遅延は、TOFF_DELAY = 0 の場合に遅延の代表値の270μs になり、TOFF_DELAY の全ての値に対して±50μs の不確かさがあります。障害イベントが発生した場合、TOFF_DELAY は適用されません。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

TOFF_FALL

TOFF_FALL コマンドは、ターンオフ遅延時間の終了時から出力電圧を0にするようコマンドで指定するまでの時間をミリ秒単位で設定します。これはDACのV_{OUT}の立上がり時間です。DACのV_{OUT}が0のとき、PWM出力は高インピーダンス状態に設定されます。

デバイスはこの事前設定動作モードを維持します。規定のTOFF_FALL時間の場合、デバイスを連続導通モードに設定してください。最大値をロードすると、デバイスの電圧は可能な限り低速で下降します。サポートされている最小の立下がり時間は0.25msです。値を0.25msより小さくすると、立下がり時間は0.25msになります。立下がり時間の最大値は1.3秒です。TOFF_FALLのステップ数はTOFF_FALL(ms)/0.1msと等しく、その不確実性は±0.1msです。

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

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11sフォーマットが設定されています。

TOFF_MAX_WARN_LIMIT

TOFF_MAX_WARN_LIMIT コマンドは、警告がアサートされるまでにデバイスが出力の遮断を試行できる時間をミリ秒単位で設定します。V_{OUT}の電圧がV_{OUT_COMMAND}の事前設定値の12.5%より低くなると、出力はオフであるとみなされず。計算はTOFF_FALLが経過してから始まります。

0msというデータ値は、制限がないことと、デバイスが出力電圧の遮断を無期限に試行できることを意味します。0以外では、120ms～524秒までの値が有効です。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11sフォーマットが設定されています。

- STATUS_WORDのV_{OUT}障害ビットを設定する
- STATUS_VOUTコマンドのTOFF_MAX警告ビットを設定する
- マスクされていない限り、ALERTピンをアサートすることにより、ホストに通知する

再起動の前提条件

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	LTC7880がRUNピンをローに保持する最小時間。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	500 0xFBE8

MFR_RESTART_DELAY

このコマンドは、RUNの最小オフ時間をミリ秒単位で指定します。このデバイスは、RUNの立下がりエッジを検出すると、この長さの時間RUNピンをローにします。推奨の最小値は136msです。

注:再起動の遅延は再試行の遅延とは異なります。再起動の遅延では、標準の起動シーケンス開始後、指定された時間にわたってRUNピンがローになります。再起動遅延の最小時間はTOFF_DELAY+TOFF_FALL+136msになります。有効な値は136ms～65.52秒(16ms刻み)です。最小オフ時間を確保するには、MFR_RESTART_DELAYを目的の時間より16ms長く設定します。MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880の出力減衰ビット0を有効にした場合で、出力が設定値の12.5%より低くなるのに時間がかかる場合は、外付け抵抗によってRUNピンがハイになった後、出力レールがオフになるのに要する時間がMFR_RESTART_DELAYより長くなってもかまいません。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11sフォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

障害応答

全障害に対する障害応答

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	350 0xFABC

MFR_RETRY_DELAY

障害発生後にターンオンを再試行するために障害応答を行う場合、このコマンドは再試行の間隔(ミリ秒)を設定します。このコマンド値を使用する対象は、再試行を必要とする全ての障害応答です。障害発生側のチャンネルによって障害が検出されると、再試行の時間が始まります。有効な値は120ms～83.88秒(1ms刻み)です。

注:再試行遅延時間は、MFR_RETRY_DELAY コマンドの時間と、安定化出力が設定値の12.5%より低くなるまでに必要な時間の長い方によって決まります。出力の自然な減衰時間が長すぎる場合は、MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880のビット0をアサートすることにより、MFR_RETRY_DELAY コマンドの電圧条件を取り除くことができます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11sフォーマットが設定されています。

入力電圧に対する障害応答

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
VIN_OV_FAULT_RESPONSE	0x56	入力電源の過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00

VIN_OV_FAULT_RESPONSE

VIN_OV_FAULT_RESPONSEコマンドは、入力過電圧障害に対してどう動作するべきかをデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは、表7に示したものです。

また、デバイスの動作は以下ようになります。

- STATUS_BYTEのNONE_OF_THE_ABOVEビットを設定する
- STATUS_WORDの上位バイトにあるINPUTビットを設定する
- STATUS_INPUTコマンドのVIN過電圧障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

出力電圧に対する障害応答

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力過電圧障害に対してどう動作するべきかをデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは、表7に示したものです。

また、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTE の VOUT_OV ビットを設定する
- STATUS_WORD の VOUT ビットを設定する
- STATUS_VOUT コマンドの VOUT 過電圧障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

このコマンドで認識される値は以下のものに限られます。

0x00: デバイスは TG を強制的にハイにします。

0x80: デバイスはシャットダウン (出力をディスエーブル) して、再試行しようとしません (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) して、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) オフするよう指示されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別の障害状態が原因でデバイスがシャットダウンするまで、制限なく再試行し続けようとしています。

0x4n: デバイスはシャットダウンして、再試行しようとしません。デバイスがオフの後にオンするよう指示されるか、RUN ピンをローにしてからハイにアサートするか、コマンドによってリセットするか、VIN を取り除くまで、出力はディスエーブル状態のままです。OV 障害は $n \cdot 10\mu\text{s}$ の間発生している必要があります (n は 0~7 の値)。

0x78+n: デバイスはシャットダウンして、障害状態が解消されるか、デバイスがオフの後にオンするよう指示されるか、RUN ピンをローにしてからハイにアサートするか、コマンドによってリセットするか、VIN を取り除くまで、再試行し続けようとしています。OV 障害は $n \cdot 10\mu\text{s}$ の間発生している必要があります (n は 0~7 の値)。

他の値にすると、CML 障害が発生して、書込みは無視されます。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

表 7. VOUT_OV_FAULT_RESPONSE、VIN_OV_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット[7:6]の全ての値に対して、LTC7880は以下のように動作します。 <ul style="list-style-type: none"> • TATUS コマンドの対応する障害ビットを設定する。 • マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートすることにより、ホストに通知する。 (いったん設定すると)障害ビットがクリアされるのは、以下の状況のいずれかまたは複数が発生した場合に限られます。 <ul style="list-style-type: none"> • デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る。 • RUN ピン、OPERATION コマンド、または RUN ピンと OPERATION コマンドの複合動作により、出力をいったんオフにしてからオンに戻すよう指示する。 • LTC7880 からバイアス電源がいったん取り外され、その後再印加される。 	00	デバイスは TG を強制的にハイにします (消費電力を最小限に抑え、上側 MOSFET に対する損傷を防止するために推奨します)。
		01	PMBus デバイスは、ビット[2:0]によって指定された遅延時間と、特定の障害に対して指定された遅延時間の単位にわたって動作を継続します。遅延時間の終了時に障害状態が残っている場合、デバイスは再試行設定 (ビット [5:3]) でのプログラム内容に従って応答します。
		10	デバイスは直ちにシャットダウン (出力をディスエーブル) し、ビット [5:3] での再試行設定に従って応答します。
		11	サポートされていません。この値を書き込むと、CML 障害が発生します。
5:3	再試行設定	000	デバイスは再起動しようとしません。障害状態が解消されるか、デバイスをオフするよう指示するか、バイアス電源を取り外すまで、出力はディスエーブルされたままになります。
		111	PMBus デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) オフするよう指示されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別の障害状態が原因でデバイスが再試行せずにシャットダウンするまで、制限なく再起動し続けようとしています。注: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	000~111	10 μ s 刻みでの遅延時間。この遅延時間は、障害が検出された後、コントローラがどれくらいの時間動作し続けるのかを決定します。グリッチの除去されたオフ状態の場合にのみ有効です。

VOUT_UV_FAULT_RESPONSE

VOUT_UV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力低電圧障害に対してどう動作するべきかをデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは、表 8 に示したものです。

また、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTE の NONE_OF_THE_ABOVE ビットを設定する
- STATUS_WORD の VOUT ビットを設定する
- STATUS_VOUT コマンドの VOUT 低電圧障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、ALERT ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

UV 障害および警告は、以下の基準を満たすまでマスクされます。

- 1) TON_MAX_FAULT_LIMIT に達している
- 2) TON_DELAY シーケンスが完了している
- 3) TON_RISE シーケンスが完了している
- 4) VOUT_UV_FAULT_LIMIT 閾値に達している

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

UV 障害および警告は、TON_RISE および TOFF_FALL シーケンス制御時はマスクされます。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

表 8.VOUT_UV_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット[7:6]の全ての値に対して、LTC7880は以下のように動作します。 <ul style="list-style-type: none"> STATUS コマンドの対応する障害ビットを設定する マスクされていない限り、ALERTピンをアサートすることにより、ホストに通知する (いったん設定すると)障害ビットがクリアされるのは、以下の状況のいずれかまたは複数が発生した場合に限られます。 <ul style="list-style-type: none"> デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る。 RUNピン、OPERATION コマンド、またはRUNピンとOPERATIONコマンドの複合動作により、出力をいったんオフにしてからオンに戻すよう指示する。 デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る。 デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る。 デバイス電源が入れ直される。 	00	PMBus デバイスは中断せずに動作を続けます (障害を機能的に無視します)。
		01	PMBus デバイスは、ビット[2:0]によって指定された遅延時間と、特定の障害に対して指定された遅延時間の単位にわたって動作を継続します。遅延時間の終了時に障害状態が残っている場合、デバイスは再試行設定 (ビット [5:3]) でのプログラム内容に従って応答します。
		10	デバイスはシャットダウン (出力をディスエーブル) し、ビット [5:3] での再試行設定に従って応答します。
		11	サポートされていません。この値を書き込むと、CML 障害が発生します。
5:3	再試行設定	000	デバイスは再起動しようとしません。障害状態が解消されるか、デバイスをオフするよう指示するか、バイアス電源を取り外すまで、出力はディスエーブルされたままになります。
		111	PMBus デバイスは、(RUNピンまたはOPERATIONコマンド、あるいはその両方によって)オフするよう指示されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別の障害状態が原因でデバイスが再試行せずにシャットダウンするまで、制限なく再起動し続けようとしています。注:再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	000~111	10 μ s 刻みでの遅延時間。この遅延時間は、障害が検出された後、コントローラがどれくらいの時間動作し続けるのかを決定します。グリッチの除去されたオフ状態の場合にのみ有効です。

TON_MAX_FAULT_RESPONSE

TON_MAX_FAULT_RESPONSE コマンドは、TON_MAX 障害に対してどう動作するべきかをデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは、表 11 に示したものです。

また、デバイスの動作は以下ようになります。

- STATUS_BYTE の NONE_OF_THE_ABOVE ビットを設定する
- STATUS_WORD の VOUT ビットを設定する
- STATUS_VOUT コマンドの TON_MAX_FAULT ビットを設定する
- マスクされていない限り、ALERTピンをアサートすることにより、ホストに通知する

値を 0 にすると、TON_MAX_FAULT_RESPONSE は無効になります。0 を使用することは推奨できません。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

IC 温度に対する障害応答

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

PMBus コマンドの詳細

MFR_OT_FAULT_RESPONSE

MFR_OT_FAULT_RESPONSE コマンド・バイトは、内部過熱障害に対してどう動作するべきかをデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは、表9に示したものです。

また、LTC7880の動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTEのNONE_OF_THE_ABOVEビットを設定する
- STATUS_WORDのMFRビットを設定する
- STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドの過熱障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、ALERTピンをアサートすることにより、ホストに通知する

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

表9.MFR_OT_FAULT_RESPONSEのデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット[7:6]の全ての値に対して、LTC7880は以下のように動作します。 <ul style="list-style-type: none"> • STATUSコマンドの対応する障害ビットを設定する • マスクされていない限り、ALERTピンをアサートすることにより、ホストに通知する (いったん設定すると)障害ビットがクリアされるのは、以下の状況のいずれかまたは複数が発生した場合に限られます。 <ul style="list-style-type: none"> • デバイスがCLEAR_FAULTSコマンドを受け取る。 • RUNピン、OPERATIONコマンド、またはRUNピンとOPERATIONコマンドの複合動作により、出力をいったんオフにしてからオンに戻すよう指示する。 • LTC7880からバイアス電源がいったん取り外され、その後再印加される。 	00	サポートされていません。この値を書き込むと、CML障害が発生します。
		01	サポートされていません。この値を書き込むと、CML障害が発生します。
		10	デバイスは直ちにシャットダウン(出力をディスエーブル)し、ビット[5:3]での再試行設定に従って応答します。
		11	デバイスの出力はディスエーブルされますが、障害は残ります。障害状態が解消されると、動作が再開され、出力がイネーブルされます。
5:3	再試行設定	000	デバイスは再起動しようとしません。障害ビッ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。
		001~111	サポートされていません。この値を書き込むと、CML障害が発生します。
2:0	遅延時間	XXX	サポートされていません。値は無視されます。

外部温度に対する障害応答

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

PMBus コマンドの詳細

OT_FAULT_RESPONSE

OT_FAULT_RESPONSE コマンドは、外部温度センサーにおける外部過熱障害に対してどう動作するべきかをデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは、表 10 に示したものです。

また、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTE の TEMPERATURE ビットを設定する
- STATUS_TEMPERATURE コマンドの過熱障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

UT_FAULT_RESPONSE

UT_FAULT_RESPONSE コマンドは、外部温度センサーにおける外部低温障害に対してどう動作するべきかをデバイスに指示します。データ・バイトのフォーマットは、表 11 に示したものです。

また、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_BYTE の TEMPERATURE ビットを設定する
- STATUS_TEMPERATURE コマンドの低温障害ビットを設定する
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

この状態は ADC によって検出されるので、応答時間は最大 90ms にすることができます。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

表 10. データ・バイトの内容: TON_MAX_FAULT_RESPONSE、OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTC7880 は以下のように動作します。 <ul style="list-style-type: none"> • STATUS コマンドの対応する障害ビットを設定する • マスクされていない限り、$\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する (いったん設定すると) 障害ビットがクリアされるのは、以下の状況のいずれかまたは複数が発生した場合に限られます。 <ul style="list-style-type: none"> • デバイスが CLEAR_FAULTS コマンドを受け取る。 • RUN ピン、OPERATION コマンド、または RUN ピンと OPERATION コマンドの複合動作により、出力をいったんオフにしてからオンに戻すよう指示する • デバイスが RESTORE_USER_ALL コマンドを受け取る • デバイスが MFR_RESET コマンドを受け取る • デバイス電源が入れ直される 	00	PMBus デバイスは中断せずに動作を続けます
		01	サポートされていません。この値を書き込むと、CML 障害が発生します。
		10	デバイスは直ちにシャットダウン (出力をディスエーブル) し、ビット [5:3] での再試行設定に従って応答します。
		11	サポートされていません。この値を書き込むと、CML 障害が発生します。
5:3	再試行設定	000	デバイスは再起動しようとしません。障害状態が解消されるか、デバイスをオフするよう指示するか、バイアス電源を取り外すまで、出力はディスエーブルされたままになります。
		111	PMBus デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) オフするよう指示されるか、バイアス電源が取り外されるか、または別の障害状態が原因でデバイスが再試行せずにシャットダウンするまで、制限なく再起動し続けようとしています。注: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	XXX	サポートされていません。値は無視されます。

PMBus コマンドの詳細

障害信号の共有

障害信号の共有と伝搬

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_FAULT_PROPAGATE_LTC7880	0xD2	どの障害を FAULTピンに伝搬するかを決定する設定。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x6993

MFR_FAULT_PROPAGATE_LTC7880

MFR_FAULT_PROPAGATE_LTC7880 コマンド FAULT_n ピンをローにアサートする障害信号を有効にします。このコマンドのフォーマットは、表 11 に示すとおりです。障害信号を FAULT_n ピンに伝搬できるのは、障害信号が障害に応答するようプログラムされている場合に限りです。

このコマンドは2バイトのデータを伴います。

表 11: FAULT_n の障害信号伝搬設定

FAULT₀ ピンおよび FAULT₁ ピンは、選択されたイベントを電氣的に通知する目的で設計されています。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。その他は一方の出力チャンネルに固有のもので、また、チャンネル間で障害信号を共有するために使用することもできます。

ビット	記号	動作
B[15]	VOUT はディスエーブルされるが減衰しません。	MFR_CHAN_CONFIG_LTC7880 のビット 0 が 0 のとき、これは PolyPhase 構成で使用されます。RUN ピンを切り替えるかデバイスがオフするよう指示することによってチャンネルをオフし、その後 RUN を再アサートするか、出力が減衰する前にデバイスをオンに戻すと、12.5% の減衰が受け付けられるまで VOUT は再起動しません。ビット 15 がアサートされる場合は、この状態の間に FAULT ピンをアサートします。
B[14]	Mfr_FAULT_propagate_short_CMD_cycle	0: 動作なし 1: 出力がシーケンス制御でオフになる前に、オフしてからオンするよう指示すると、ローにアサートされます。シーケンス・オフしてから 120ms 経過後にハイを再アサートします。
b[13]	Mfr_FAULT_propagate_ton_max_fault	0: TON_MAX_FAULT 障害信号がアサートされても何も動作しません。 1: TON_MAX_FAULT 障害信号がアサートされた場合、対応する出力がローにアサートされます。FAULT ₀ は PAGE 0 の TON_MAX_FAULT 障害に対応付けられます。FAULT ₁ は PAGE 1 の TON_MAX_FAULT 障害に対応付けられます。
b[12]	予備	0 にする必要があります。
b[11]	Mfr_FAULT ₀ _propagate_int_ot Mfr_FAULT ₁ _propagate_int_ot	0: MFR_OT_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされても何も動作しません。 1: MFR_OT_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、対応する出力がローにアサートされます。
b[10]	予備	0 にする必要があります。
b[9]	予備	0 にする必要があります。

PMBus コマンドの詳細

ビット	記号	動作
b[8]	Mfr_FAULT0_propagate_ut Mfr_FAULT1_propagate_ut	0: UT_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされても何も動作しません。 1: UT_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0 は PAGE 0 の UT 障害に対応付けられます。 FAULT1 は PAGE 1 の UT 障害に対応付けられます。
b[7]	Mfr_FAULT0_propagate_ot Mfr_FAULT1_propagate_ot	0: OT_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされても何も動作しません。 1: OT_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0 は PAGE 0 の OT 障害に対応付けられます。 FAULT1 は PAGE 1 の OT 障害に対応付けられます。
b[6]	予備	
b[5]	予備	
b[4]	Mfr_FAULT0_propagate_input_ov Mfr_FAULT1_propagate_input_ov	0: VIN_OV_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされても何も動作しません。 1: VIN_OV_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、対応する出力がローにアサートされます。
b[3]	予備	
b[2]	予備	
b[1]	Mfr_FAULT0_propagate_vout_uv Mfr_FAULT1_propagate_vout_uv	0: VOUT_UV_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされても何も動作しません。 1: VOUT_UV_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0 は PAGE 0 の UV 障害に対応付けられます。 FAULT1 は PAGE 1 の UV 障害に対応付けられます。
b[0]	Mfr_FAULT0_propagate_vout_ov Mfr_FAULT1_propagate_vout_ov	0: VOUT_OV_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされても何も動作しません。 1: VOUT_OV_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、対応する出力がローにアサートされます。 FAULT0 は PAGE 0 の OV 障害に対応付けられます。 FAULT1 は PAGE 1 の OV 障害に対応付けられます。

障害共有信号の応答

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

MFR_FAULT_RESPONSE

MFR_FAULT_RESPONSE コマンドは、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンが外部信号源によってローになった場合にどう動作するべきかをデバイスに指示します。

サポート対象値:

値	意味
0xC0	FAULT_INHIBIT: LTC7880 は、 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンがローになった場合に出力をスリーステートにします。
0x00	FAULT_IGNORE: LTC7880 は中断せずに動作を続けます。

PMBus コマンドの詳細

また、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_WORD の MFR_SPECIFIC ビットを設定する
- STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドのビット 0 を設定し、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ をローにする
- マスクされていない限り、 $\overline{\text{FAULT}}$ をアサートすることにより、ホストに通知する

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

スクラッチパッド

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
USER_DATA_00	0xB0	OEMの予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_01	0xB1	メーカーによるLTpowerPlay用の予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA
USER_DATA_02	0xB2	OEMの予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_03	0xB3	使用可能なEEPROMワード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000
USER_DATA_04	0xB4	使用可能なEEPROMワード。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000

USER_DATA_00からUSER_DATA_04まで

これらのコマンドは、お客様のストレージの不揮発性メモリの位置です。お客様は、USER_DATA_nn に任意の値を随時書き込むことができます。ただし、LTpowerPlay ソフトウェアと契約メーカーは、これらのコマンドの一部を在庫管理の目的で使用します。予備の USER_DATA_nn コマンドを変更すると、在庫管理が不適切になったり、これらの製品との互換性が失われる可能性があります。

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

識別情報

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
PMBUS_REVISION	0x98	このデバイスがサポートするPMBusのレビジョン。現在のレビジョンは1.2です。	R Byte	N	Reg		FS	0x22
CAPABILITY	0x19	このデバイスによってサポートされているPMBusオプション通信プロトコルの要約。	R Byte	N	Reg			0xB0
MFR_ID	0x99	LTC7880のメーカーID(ASCII)。	R String	N	ASC			LTC
MFR_MODEL	0x9A	メーカーの製品番号(ASCII)	R String	N	ASC			LTC7880
IC_DEVICE_ID	0xAD	ICの識別情報。	R String	N	ASC			LTC7880
IC_DEVICE_REV	0xAE	ICのレビジョン。	R String	N	ASC			ACA0
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC7880を表すメーカー・コード	R Word	N	Reg			0x49EX

PMBus コマンドの詳細

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。LTC7880 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。

この読出し専用コマンドは 1 バイトのデータを伴います。

CAPABILITY

このコマンドにより、ホスト・システムは PMBus デバイスのいくつかの重要な機能を指定できます。

LTC7880 は、パケット・エラー・チェック、400kHz のバス速度、および $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをサポートしています。

この読出し専用コマンドは 1 バイトのデータを伴います。

MFR_ID

MFR_ID コマンドは、LTC7880 のメーカー ID を ASCII 文字を使用して表示します。

この読出し専用コマンドにはブロック・フォーマットが設定されています。

MFR_MODEL

MFR_MODEL コマンドは、LTC7880 のメーカー製品番号を ASCII 文字を使用して表示します。

この読出し専用コマンドにはブロック・フォーマットが設定されています。

MFR_SPECIAL_ID

デバイスの名称とリビジョンを表す、16 ビットのワードです。0x49EX はデバイスが LTC7880 であることを示します。X はメーカーが調整可能です。

この読出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴います。

IC_DEVICE_ID

IC_DEVICE_ID コマンドは、LTC7880 のメーカー ID を ASCII 文字を使用して表示します。

この読出し専用コマンドにはブロック・フォーマットが設定されています。

IC_DEVICE_REV

IC_DEVICE_REV コマンドは、LTC7880 のリビジョンを ASCII 文字を使用して表示します。

この読出し専用コマンドにはブロック・フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

障害および警告のステータス

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
CLEAR_FAULTS	0x03	設定されている全ての障害ビットをクリアします。	Send Byte	N				NA
SMBALERT_MASK	0x1B	マスク動作。	Block R/W	Y	Reg		Y	詳細については、コマンドを参照。
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	全てのピーク値をクリアします。	Send Byte	N				NA
STATUS_BYTE	0x78	デバイスの障害条件の1バイトの要約。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_WORD	0x79	デバイスの障害条件の2バイトの要約。	R/W Word	Y	Reg			NA
STATUS_VOUT	0x7A	出力電圧の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源の障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_CML	0x7E	通信およびメモリの障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x80	メーカー固有の障害および状態の情報。	R/W Byte	Y	Reg			NA
MFR_PADS	0xE5	I/Oパッドのデジタル・ステータス。	R Word	N	Reg			NA
MFR_COMMON	0xEF	多くのLTCチップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA
MFR_INFO	0xB6	製造固有の情報。	R Word	N	Reg			NA

CLEAR_FAULTS

CLEAR_FAULTS コマンドを使用して、設定されている全ての障害ビットをクリアします。このコマンドは、全てのステータス・コマンドの全てのビットを同時にクリアします。同時に、デバイスが $\overline{\text{ALERT}}$ ピンの信号をアサートしている場合、デバイスはその $\overline{\text{ALERT}}$ ピンの信号出力を否定(クリア、解放)します。ビットがクリアされたときに障害が残っている場合、障害ビットは設定されたままになり、ホストは $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをローにアサートすることによって通知されます。CLEAR_FAULTS は処理するのに最大 10 μ s かかります。その時間枠内に障害が発生すると、ステータス・レジスタが設定される前にクリアされる場合があります。この書込み専用コマンドにはデータ・バイトはありません。

CLEAR_FAULTS は、障害状態のせいでラッチオフ状態になったデバイスを再起動することはありません。障害状態のせいでシャットダウンし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、または RUN ピンと OPERATION コマンドの複合動作により、出力をいったんオフにしてからオンに戻すよう指示する。
- MFR_RESET コマンドが発行された場合
- 集積回路からバイアス電源がいったん取り外され、その後再印加された場合

PMBus コマンドの詳細

SMBALERT_MASK

SMBALERT_MASK コマンドを使用すると、特定のステータス・ビット(単数または複数)がアサートされるときに、それらが $\overline{\text{ALERT}}$ をアサートしないようにすることができます。

図48に、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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込みフォーマットの例を示します。マスク・バイト内のビットは、指定のステータス・レジスタ内のビットと一致します。例えば、STATUS_TEMPERATURE コマンドのコードが最初のデータ・バイトで送られ、マスク・バイトに0x40が含まれる場合、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。設定した場合、サポートされているそれ以外の全 STATUS_TEMPERATURE ビットは、 $\overline{\text{ALERT}}$ をアサートし続けます。

図49に「ブロック書込み-ブロック読出しプロセス呼び出し」プロトコルの例を示します。これは、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(やはりPECなしで)読み出すときに使用します。

SMBALERT_MASK は、STATUS_BYTE、STATUS_WORD、MFR_COMMON、MFR_PADS_LTC7880 のいずれにも適用できません。適用できるステータス・レジスタの出荷時のデフォルトのマスク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。

SMBALERT_MASK のデフォルト設定: (図2も参照)

ステータス・レジスタ	ALERT マスクの値	マスクされたビット
STATUS_VOUT	0x00	None
STATUS_TEMPERATURE	0x00	None
STATUS_CML	0x00	None
STATUS_INPUT	0x00	None
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x11	ビット4(内部PLLは非同期)、ビット0(FAULTは外部デバイスによってローになります)

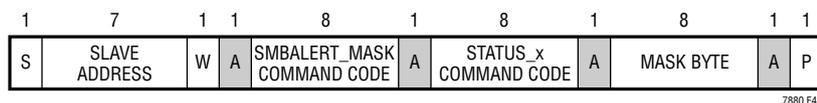


図48. SMBALERT_MASK 設定の例

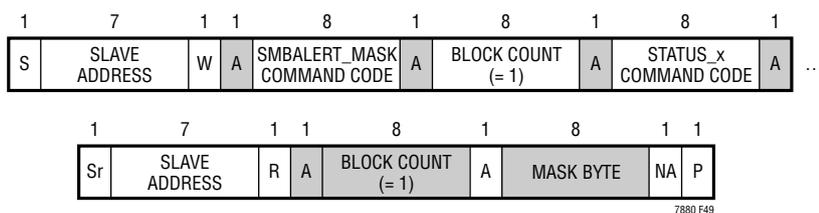


図49. SMBALERT_MASK 読出しの例

PMBus コマンドの詳細

MFR_CLEAR_PEAKS

MFR_CLEAR_PEAKS コマンドは、MFR_*_PEAK のデータ値をクリアします。また、MFR_RESET コマンドは MFR_*_PEAK のデータ値をクリアします。

この書込み専用コマンドにはデータ・バイトはありません。

STATUS_BYTE

STATUS_BYTE コマンドは、最も重大な障害を要約した1バイトの情報を返します。これはステータス・ワードの下位バイトです。

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	LTC7880 が応答できないので、障害が宣言されました。
6	OFF	このビットは、単純にイネーブルされない場合も含めて、チャンネルがその出力に電力を供給していない場合、理由に関係なく設定されます。
5	VOUT_OV	出力過電圧障害が発生しました。
4	IOUT_OC	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
3	VIN_UV	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
2	TEMPERATURE	温度障害または警告が発生しました。
1	CML	通信、メモリ、またはロジック障害が発生しました。
0*	NONE OF THE ABOVE	ビット [7:1] に記載されていない障害が発生しました。

*これらのビットのいずれかを設定した場合は、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_BYTE でのそれらのビット位置に 1 を書き込むことによりクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

STATUS_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 の下位バイトは STATUS_BYTE コマンドと同じです。

STATUS_WORD の上位バイトのメッセージの内容:

ビット	ステータス・ビット名	意味
15	V _{OUT}	出力電圧障害または警告が発生しました。
14	I _{OUT}	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
13	INPUT	入力電圧障害または警告が発生しました。
12	MFR_SPECIFIC	LTC7880 に固有の障害または警告が発生しました。
11	POWER_GOOD#	このビットが設定されている場合、POWER_GOOD 状態は偽です。
10	FANS	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
9	OTHER	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
8	UNKNOWN	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。

上位バイトのいずれかのビットが 1 に設定されると、NONE_OF_THE_ABOVE がアサートされます。

このコマンドは2バイトのデータを伴います。

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} の過電圧障害。
6	V_{OUT} の過電圧警告。
5	V_{OUT} の低電圧警告。
4	V_{OUT} の低電圧障害。
3	V_{OUT} の最大値警告。
2	TON の最大値障害。
1	TOFF の最大値障害。
0	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。

このコマンドのいずれかのビットに 1 を書き込んで、特定の障害ビットをクリアできます。これにより、CLEAR_FAULTS コマンドを使用する以外の方法でステータスをクリアできます。

このコマンドが対応している障害ビットにより、 \overline{ALERT} イベントが起動します。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

STATUS_INPUT

STATUS_INPUT コマンドは、1 バイトの V_{IN} (V_{INSNS}) 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	V_{IN} の過電圧障害。
6	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
5	V_{IN} の低電圧警告。
4	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
3	V_{IN} が不十分なためデバイスはオフ。
2	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
1	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。
0	サポートされていません (LTC7880 は 0 を返します)。

このコマンドのいずれかのビットに 1 を書き込んで、特定の障害ビットをクリアできます。これにより、CLEAR_FAULTS コマンドを使用する以外の方法でステータスをクリアできます。

このコマンドが対応している障害ビットにより、 \overline{ALERT} イベントが起動します。このコマンドのビット 3 はラッチされず、 \overline{ALERT} は設定されている場合でも生成されません。このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

STATUS_TEMPERATURE

STATUS_TEMPERATURE コマンドは、温度に関する1バイトのステータス情報を返します。これはページ化コマンドであり、READ_TEMPERATURE_1 のそれぞれの値と関係があります。

STATUS_TEMPERATURE のメッセージの内容:

ビット	意味
7	外部過熱障害。
6	外部過熱警告。
5	サポートされていません(LTC7880は0を返します)。
4	外部低温障害。
3:0	サポートされていません(LTC7880は0を返します)。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込んで、特定の障害ビットをクリアできます。これにより、CLEAR_FAULTS コマンドを使用する以外の方法でステータスをクリアできます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

STATUS_CML

STATUS_CML コマンドは、受け取ったコマンド、内部メモリ、およびロジックに関する1バイトの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りました。
6	無効なデータまたはサポートされていないデータを受け取りました。
5	パケット・エラー・チェックの障害が発生しました。
4	メモリ障害が検出されました。
3	プロセッサ障害が検出されました。
2	予備(LTC7880は0を返します)。
1	その他の通信障害。
0	その他のメモリ障害またはロジック障害。

このコマンドのビット3またはビット4が設定されている場合は、深刻かつ重大な内部エラーが検出されています。これらのビットが継続的に設定される場合、デバイスを継続して動作させることは推奨されません。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込んで、特定の障害ビットをクリアできます。これにより、CLEAR_FAULTS コマンドを使用する以外の方法でステータスをクリアできます。

このコマンドが対応している障害ビットにより、 $\overline{\text{ALERT}}$ イベントが起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

STATUS_MFR_SPECIFIC

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

このバイトのフォーマットは次のとおりです。

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

これらのビットのいずれかが設定されると、STATUS_WORDのMFRビットが設定され、 $\overline{\text{ALERT}}$ がアサートされる場合があります。

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込んで、特定の障害ビットをクリアできます。これにより、CLEAR_FAULTS コマンドを使用する以外の方法でステータスをクリアできます。ただし、障害ログ存在ビットをクリアするには、MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドを発行する以外に方法はありません。

このコマンドが対応している障害ビットにより、 $\overline{\text{ALERT}}$ イベントが起動します。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_PADS

このコマンドにより、デバイスのI/Oピンのデジタル・ステータスを直接読み出すことができます。このコマンドのビット割り当ては以下のとおりです。

ビット	割り当てられるデジタル・ピン
15	V _{DD33} のOV障害
14	V _{DD33} のUV障害
13	予備
12	予備
11	ADCの値が無効。起動時に発生。通常動作時に電流測定チャンネルで一時的に発生する場合があります。
10	SYNCは外部デバイスによってクロックと同期(SYNCピンを駆動するようLTC7880が設定されている場合)
9	チャンネル1のパワーグッド
8	チャンネル0のパワーグッド
7	LTC7880はRUN1をローに駆動
6	LTC7880はRUN0をローに駆動
5	RUN1ピンの状態
4	RUN0ピンの状態
3	LTC7880はFAULT1をローに駆動
2	LTC7880はFAULT0をローに駆動
1	FAULT1ピンの状態
0	FAULT0ピンの状態

1は条件が真であることを示します。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

MFR_COMMON

MFR_COMMON コマンドは、LTC の全てのデジタル電源および遠隔測定製品に共通するビットを内蔵しています。

ビット	意味
7	チップは ALERT をローに駆動していません。
6	LTC7880 はビジーではありません。
5	計算は保留されていません。
4	LTC7880 の出力は遷移中ではありません。
3	EEPROM は初期化済みです。
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は 1 バイトのデータを伴います。

MFR_INFO

MFR_INFO コマンドには、EEPROM ステータス・ビットが含まれています。

MFR_INFO のデータの内容

ビット	意味
15:6	予備
5	EEPROM の ECC ステータス
0b	EEPROM のユーザ領域で訂正が行われます。
1b	EEPROM のユーザ領域で訂正が行われません。
4:0	予備

RESTORE_USER_ALL コマンド、RESET コマンド、パワーオン・リセット、または EEPROM バルク読み出し動作がそれぞれ行われた後に、EEPROM の ECC ステータスが更新されます。この読み出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

遠隔測定

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
READ_VIN	0x88	V _{IN1} ピンで測定された入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA
READ_IIN	0x89	測定された入力電源電流。	R Word	Y	L11	A		NA
READ_VOUT	0x8B	測定された出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA
READ_IOUT	0x8C	測定された出力電流。	R Word	N	L11	A		NA
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外付けダイオードのジャンクション温度。これは、IOUT_CAL_GAIN を含む全ての温度関連処理に使用される値です。	R Word	Y	L11	C		NA
READ_TEMPERATURE_2	0x8E	内部ジャンクション温度。他のコマンドには影響しません。	R Word	N	L11	C		NA
READ_FREQUENCY	0x95	測定された PWM スwitching 周波数。	R Word	N	L11	kHz		NA
READ_POUT	0x96	計算による出力電力。	R Word	N	L11	W		NA
READ_PIN	0x97	計算による入力電力。	R Word	Y	L11	W		NA
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_IOUT の最大測定値を報告します。	R Word	N	L11	A		NA
MFR_ADC_CONTROL	0xD8	高速の ADC 読出しを繰り返す場合に選択される ADC の遠隔測定パラメータ。	R/W Byte	N	Reg			0x00
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_VOUT の最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA
MFR_VIN_PEAK	0xDE	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_VIN の最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での外部温度 (READ_TEMPERATURE_1) の最大測定値。	R Word	Y	L11	C		NA
MFR_IIN_PEAK	0xE1	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_IIN コマンドの最大測定値。	R Word	Y	L11	A		NA
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での内部ダイ温度のピーク値。	R Word	N	L11	C		NA

READ_VIN

READ_VIN コマンドは V_{IN1} ピン電圧測定値を返します。

この読出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

READ_VOUT

READ_VOUT コマンドは、VOUT_MODE コマンドで設定したのと同じフォーマットで出力電圧測定値を返します。

この読出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

READ_IOUT

READ_IOUT コマンドは、出力電流検出抵抗の両端で測定された入力電流 (A) を返します (IOUT_CAL_GAIN も参照)。

この読出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

READ_IIN

READ_IIN コマンドは平均入力電流 (A) を返します。IIN の値は以下の値の関数です。

- a) ISENSE ピンの両端で測定された差動電圧
- b) IIN_CAL_GAIN の値
- c) MFR_IIN_CAL_GAIN_TC の値
- d) READ_TEMPERATURE_1 の値
- e) MFR_TEMP_1_GAIN および MFR_TEMP_1_OFFSET の値

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

READ_TEMPERATURE_1

READ_TEMPERATURE_1 コマンドは、外部検出素子の温度 (°C) を返します。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

READ_TEMPERATURE_2

READ_TEMPERATURE_2 コマンドは、内部検出素子が検出した LTC7880 のダイ温度 (°C) を返します。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

READ_FREQUENCY

READ_FREQUENCY コマンドは、PWL PLL への入力で測定した PWM スイッチング周波数の読み出し値 (kHz) です。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

READ_POUT

READ_POUT コマンドは、DC/DC コンバータの出力電力の読み出し値 (W) です。POUT は、出力電圧と出力電流の最新の相関読み出し値に基づいて計算されます。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

READ_PIN

READ_PIN コマンドは、DC/DC コンバータの入力電力の読み出し値 (W) です。PIN は、入力電圧と入力電流の最新の読み出し値に基づいて計算されます。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

MFR_IOUT_PEAK

MFR_IOUT_PEAK コマンドは、READ_IOUT 測定の最大電流 (A) を報告します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドを使用してクリアされます。

この読み出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

MFR_ADC_CONTROL

MFR_ADC_CONTROL コマンドは、ADC の読出し選択肢を指定します。このコマンドのデフォルト値 0 では、標準の遠隔測定ループが実行され、全てのパラメータが遅延時間の代表値である 90ms で順繰りに更新されます。0 以外の値を指定して、8ms の概算更新レートで 1 つのパラメータをモニタできます。このコマンドの遅延は、最大 2 回の A/D 変換によるもので、約 16ms です (外部温度変換の遅延は最大 3 回の A/D 変換によるもので、約 24ms になる可能性があります)。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いて、デバイスは標準の遠隔測定モードのままにすることを推奨します。目的のパラメータを限られた時間 (1 秒未満) だけモニタするようデバイスにコマンドを出し、その後、標準の順繰り方式に戻るようコマンドを設定します。このコマンドを標準の順繰り遠隔測定 (0) 以外の任意の値に設定した場合、選択したパラメータ以外の遠隔測定に関連した全ての警告および障害は、事実上無効になり、電圧のサーボ制御はディスエーブルされます。順繰り方式が再アサートされると、全ての警告と障害信号およびサーボ・モードは再度有効化されます。

コマンド指定値	遠隔測定コマンド名	説明
0x0F		予備
0x0E		予備
0x0D		予備
0x0C	READ_TEMPERATURE_1	チャンネル 1 の外部温度
0x0B		予備
0x0A	READ_IIN	チャンネル 1 が入力電流を測定
0x09	READ_VOUT	チャンネル 1 が出力電圧を測定
0x08	READ_TEMPERATURE_1	チャンネル 0 の外部温度
0x07		予備
0x06	READ_IIN	チャンネル 0 が入力電流を測定
0x05	READ_VOUT	チャンネル 0 が出力電圧を測定
0x04	READ_TEMPERATURE_2	内部ジャンクション温度
0x03	READ_IOUT	チャンネル 0 が出力電流を測定
0x02		予備
0x01	READ_VIN	V _{IN1} ピンで測定された入力電源電圧
0x00		標準の ADC 順繰り遠隔測定

予備のコマンド値を入力すると、遠隔測定はデフォルトで内部 IC 温度になり、CML 障害信号を出力します。有効なコマンド値を入力するまで、LTC7880 によって CML 障害信号が出力され続けます。測定された入力電源電圧の精度が高くなるのは、MFR_ADC_CONTROL コマンドを標準の順繰り遠隔測定に設定した場合に限ります。この書込み専用コマンドは 1 バイトのデータを伴い、レジスタ・フォーマットが設定されています。

MFR_VOUT_PEAK

MFR_VOUT_PEAK コマンドは、READ_VOUT 測定の最大電圧 (V) を報告します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドを使用してクリアされます。

この読出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマットが設定されています。

MFR_VIN_PEAK

MFR_VIN_PEAK コマンドは、READ_VIN 測定の最大電圧 (V) を報告します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドを使用してクリアされます。

この読出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

MFR_TEMPERATURE_1_PEAK

MFR_TEMPERATURE_1_PEAK コマンドは、READ_TEMPERATURE_1 測定の最大温度(°C)を報告します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドを使用してクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

MFR_IIN_PEAK

MFR_READ_IIN_PEAK コマンドは、READ_IIN 測定の最大電流(A)を報告します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドを使用してクリアされます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

MFR_TEMPERATURE_2_PEAK

MFR_TEMPERATURE_2_PEAK コマンドは、READ_TEMPERATURE_2 測定の最大温度(°C)を報告します。

このコマンドは、MFR_CLEAR_PEAKS コマンドを使用してクリアされます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマットが設定されています。

EEPROM メモリ・コマンド

STORE/RESTORE

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

STORE_USER_ALL

STORE_USER_ALL コマンドは、動作メモリの不揮発性の内容を、不揮発性のEEPROMメモリの対応する位置にコピーするよう、PMBus デバイスに指示します。

ダイ温度が85°Cを超えるか、0°Cより低い場合、このコマンドを実行するのは推奨されません。また、10年間のデータ保持は保証されません。ダイ温度が130°Cを超える場合、STORE_USER_ALL コマンドは無効になります。IC温度が125°Cより低くなると、このコマンドは再度有効になります。

LTC7880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、VINが印加されていない場合です。グローバル・アドレス0x5Bを使用して、デバイスをこの状態でイネーブルするには、MFR_EE_UNLOCKに0x2Bを書き込み、続いて0xC4を書き込みます。これにより、LTC7880が正常に通信して、プロジェクト・ファイルを更新することができます。更新後のプロジェクト・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。VINを印加したら、MFR_RESETを発行してPWMをイネーブルし、有効なA/D変換結果を読み出すことができるようにする必要があります。

ダイ温度が130°Cを上回ると、STORE_USER_ALL、MFR_COMPARE_USER_ALL、FAULT_LOG_STORE、FAULT_LOG_CLEAR コマンドは無効になります。そして、ダイ温度が125°Cを下回るまで、これらのコマンドは再び有効にはなりません。

この書込み専用コマンドにはデータ・バイトはありません。

PMBus コマンドの詳細

RESTORE_USER_ALL

RESTORE_USER_ALL コマンドは、不揮発性メモリの内容を、動作メモリの対応する位置にコピーするよう PMBus デバイスに指示します。動作メモリの値は、ユーザ・コマンドによって取得される値により上書きされます。LTC7880 は、両方のチャンネルがオフであることを確認し、動作メモリを内部 EEPROM からロードし、全ての障害信号をクリアし、抵抗設定ピンを読み出して、該当する場合は両方の PWM チャンネルのソフトスタートを実行します。

この書込み専用コマンドにはデータ・バイトはありません。

MFR_COMPARE_USER_ALL

MFR_COMPARE_USER_ALL コマンドは、現在のコマンドの内容と不揮発性メモリに格納されている内容を比較するよう PMBus デバイスに指示します。比較動作によって差が検出された場合は、CML 障害信号が生成されます。

この書込み専用コマンドにはデータ・バイトはありません。

障害ログ

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	EEPROM	デフォルト値
MFR_FAULT_LOG	0xEE	障害ログのデータ・バイト。	R Block	N	CF		Y	NA
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM への障害ログの転送をコマンドで指定します。	Send Byte	N				NA
MFR_FAULT_LOG_CLEAR	0xEC	障害ログの予備として確保された EEPROM ブロックを初期化します。	Send Byte	N				NA

障害ログの動作

障害ログの概念図を図 50 に示します。障害ログにより、LTC7880 にブラック・ボックス (記録) 機能が与えられます。通常動作時に、ステータス・レジスタの内容、出力電圧 / 電流 / 温度の読出し値、入力電圧の読出し値、ならびにこれらの量のピーク値が RAM の常時更新バッファに格納されます。帯形記録計に似た動作を想像してみてください。障害が発生すると、その内容は、不揮発性の記憶内容として EEPROM に書き込まれます。EEPROM の障害ログは、その後ロックされます。デバイスの電源を遮断しても、障害ログは後で読み出すことができます。

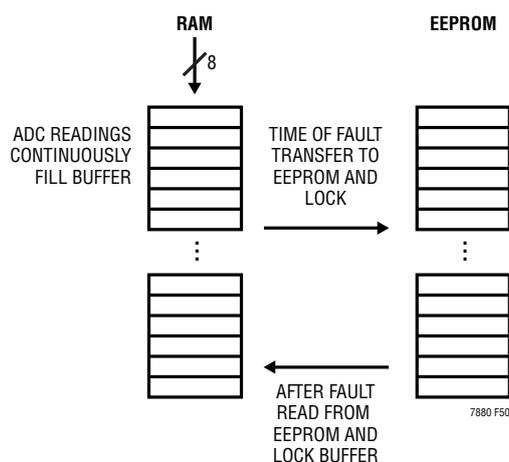


図 50. 障害ログ

PMBus コマンドの詳細

MFR_FAULT_LOG

MFR_FAULT_LOG コマンドを使用すると、MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドが最後に書き込まれて以降、初めて障害が発生した後に FAULT_LOG の内容を読み出すことができます。このコマンドの内容は不揮発性メモリに格納され、MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドによってクリアされます。このコマンドの長さや内容は表 13 に記載されています。MFR_FAULT_LOG コマンドにアクセスするときに障害ログが存在しない場合、コマンドはデータ長として 0 を返します。障害ログが存在する場合、MFR_FAULT_LOG は 147 バイト長のデータ・ブロックを返します。EEPROM 内で障害ログに使用できる領域は、RAM 内での領域より狭くなっています。障害ログを RAM から読み出した場合、周期的データの 6 つのイベントは全て残ります。ただし、(リセット後に) EEPROM から障害ログを読み出すと、最後の 2 つのイベントは失われます。147 バイトの読出し長はそのままですが、5 番目と 6 番目のイベントは 4 番目のイベントの繰り返しです。電源を投入して 1 秒以内に障害が発生した場合は、障害ログの先頭付近のページに有効データが含まれていないことがあります。

注: このコマンドのおおよその転送時間は、400kHz のクロックを使用した場合、3.4ms です。

この読出し専用コマンドにはブロック・フォーマットが設定されています。

MFR_FAULT_LOG_STORE

MFR_FAULT_LOG_STORE コマンドは、あたかも障害が発生したかのように障害ログ動作を EEPROM に強制的に書き込みます。MFR_CONFIG_ALL_LTC7880 コマンドのビット 7「障害ログを有効にする」が設定されている場合、このコマンドは STATUS_MFR_SPECIFIC 障害のビット 3 を設定します。

MFR_FAULT_LOG_STORE コマンドが発行された際にダイ温度が 130°C を上回っている場合、障害ログは本デバイスの揮発性 RAM 内に保存されます。しかし、EEPROM には書き込まれません。ダイ温度が 125°C を下回ると本デバイスは、障害ログのために確保しておいた EEPROM のパーティションにデバイスの揮発性 RAM から障害ログの内容を転送します。障害ログを有効にしている場合、標準的な障害ログ・イベントにもこれは当てはまります。この動作上の制約は、ダイ温度が 130°C を上回る場合に発生する可能性がある損傷から EEPROM 回路を保護するためのものです。

この書き込み専用コマンドにはデータ・バイトはありません。

PMBus コマンドの詳細

表 12. 障害ログ

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

データ・フォーマットの定義				LIN 11 = PMBus = Rev 1.1, Part 2, section 7.1
				LIN 16 = PMBus Rev 1.1, Part 2, section 8. 仮数部のみ
				BYTE = このコマンドの定義に従って解釈された 8 ビット
データ	ビット	データ・フォーマット	バイト番号	ブロック読み出しコマンド
ブロック長		BYTE	147	MFR_FAULT_LOG コマンドは 147 バイトの固定長。 データ・ログ・イベントが取り込まれていない場合、ブロック長は 0 になります。
ヘッダ情報				
障害ログの前書き	[7:0]	ASC	0	部分的または完全な障害ログが存在する場合、バイト 0 で始まる LTxx を返します。ワード xx はデバイスごとに変更できる工場識別マーク。
	[7:0]		1	
	[15:8]	Reg	2	
	[7:0]		3	
障害発生源	[7:0]	Reg	4	表 13a を参照してください。
MFR_REAL_TIME	[7:0]	Reg	5	障害発生時の 48 ビット共有クロック・カウンタの値 (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	最後の電源投入後または CLEAR_PEAKS コマンド以降でのチャンネル 0 の READ_VOUT のピーク値。
	[7:0]		12	
MFR_VOUT_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L16	13	最後の電源投入後または CLEAR_PEAKS コマンド以降でのチャンネル 1 の READ_VOUT のピーク値。
	[7:0]		14	
MFR_IIN_PEAK (PAGE 0)	[15:8]	L11	15	最後の電源投入後または CLEAR_PEAKS コマンド以降でのチャンネル 0 の READ_IIN のピーク値。
	[7:0]		16	
MFR_IIN_PEAK (PAGE 1)	[15:8]	L11	17	最後の電源投入後または CLEAR_PEAKS コマンド以降でのチャンネル 1 の READ_IIN のピーク値。
	[7:0]		18	
MFR_VIN_PEAK	[15:8]	L11	19	最後の電源投入後または CLEAR_PEAKS コマンド以降での READ_VIN のピーク値。
	[7:0]		20	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 0)	[15:8]	L11	21	最後のイベント発生時の外部温度センサー 0。
	[7:0]		22	
READ_TEMPERATURE1 (PAGE 1)	[15:8]	L11	23	最後のイベント発生時の外部温度センサー 1。
	[7:0]		24	
READ_TEMPERATURE2	[15:8]	L11	25	最後のイベント発生時の LTC7880 のダイ温度センサー。
	[7:0]		26	

PMBus コマンドの詳細

周期的データ

イベント n (障害発生時のデータ、最新のデータ)				イベント「n」は、障害の発生時に MUX を介して ADC が読み出す完全な 1 サイクルを示します。例: ADC がステップ 15 を処理しているときに障害が発生した場合、読出しをステップ 25 まで続けてから、ヘッダと全 6 ページのイベント・ページを EEPROM に格納します。
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	27	
	[7:0]	LIN 16	28	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	29	
	[7:0]	LIN 16	30	
READ_IIN (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	31	
	[7:0]	LIN 11	32	
READ_IIN (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	33	
	[7:0]	LIN 11	34	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	35	
	[7:0]	LIN 11	36	
予備	[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	
イベント n-1 (障害が検出される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_IIN (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	51	
	[7:0]	LIN 11	52	
READ_IIN (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	53	
	[7:0]	LIN 11	54	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	55	
	[7:0]	LIN 11	56	
予備	[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	

PMBus コマンドの詳細

STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	63	
	[7:0]	WORD	64	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	65	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	66	
*				
*				
*				
イベント n-5 (最も古い記録データ)				
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	127	
	[7:0]	LIN 16	128	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	129	
	[7:0]	LIN 16	130	
READ_IIN (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	131	
	[7:0]	LIN 11	132	
READ_IIN (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	133	
	[7:0]	LIN 11	134	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	135	
	[7:0]	LIN 11	136	
予備	[15:8]	LIN 11	137	
	[7:0]	LIN 11	138	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	139	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	140	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	141	
	[7:0]	WORD	142	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	143	
	[7:0]	WORD	144	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	145	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	146	

PMBus コマンドの詳細

表 13a: Position_Fault の値の説明

POSITION_FAULT の値	障害ログの発生源
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)
0x05	TEMP_OT_FAULT (チャンネル0)
0x06	TEMP_UT_FAULT (チャンネル0)
0x07	VIN_OV_FAULT
0x0A	MFR_TEMPERATURE_2_OT_FAULT
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)
0x15	OT_FAULT (チャンネル1)
0x16	UT_FAULT (チャンネル1)
0x17	VIN_OV_FAULT
0x1A	MFR_TEMPERATURE_2_OT_FAULT

MFR_FAULT_LOG_CLEAR

MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドは、障害ログ・ファイルに格納された値を消去します。また、STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドのビット3もクリアします。クリアの実行後、ステータスをクリアするのに最大8ms かかることがあります。

この書込み専用コマンドはバイト送信コマンドです。

ブロック・メモリの書込み/読出し

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

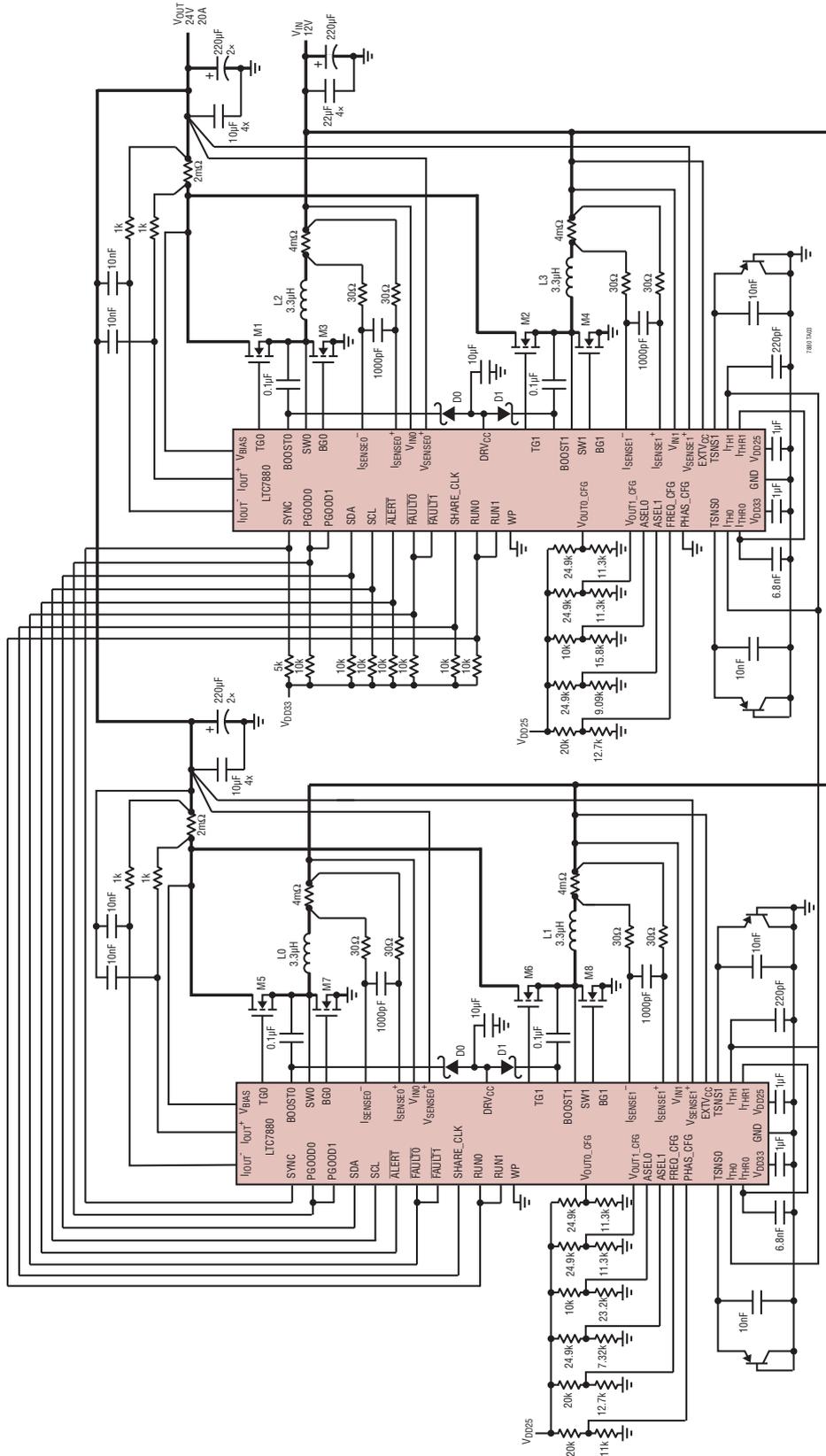
ダイ温度が 130°C を超えると、全ての EEPROM コマンドは無効になります。ダイ温度が 125°C より低くなると、EEPROM コマンドは再び有効になります。

MFR_EE_xxxx

MFR_EE_xxxx コマンドは、LTC7880 の内部 EEPROM の一括プログラミングに役立ちます。詳細については弊社にご連絡ください。

標準的応用例

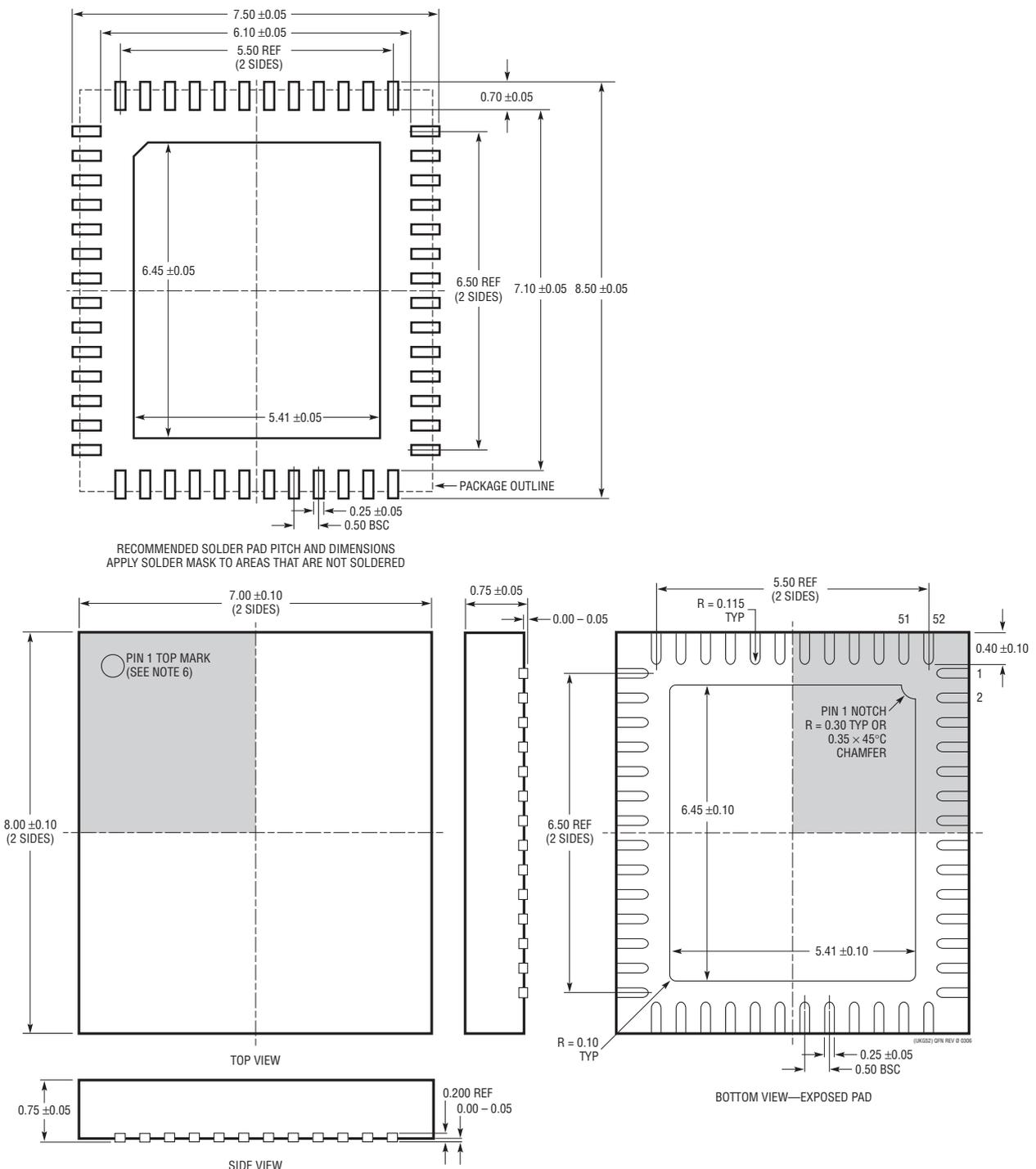
高効率の350kHz、4相昇圧コンバータ



L0, L1, L2, L3: Würth 744364030 3.3µH
 L0, L2, L3: Würth 7443630140 1.4µH
 M1, M2, M5, M6: INFINEON BSC034N06NS
 M3, M4, M7, M8: INFINEON BSC034N06NS

パッケージ

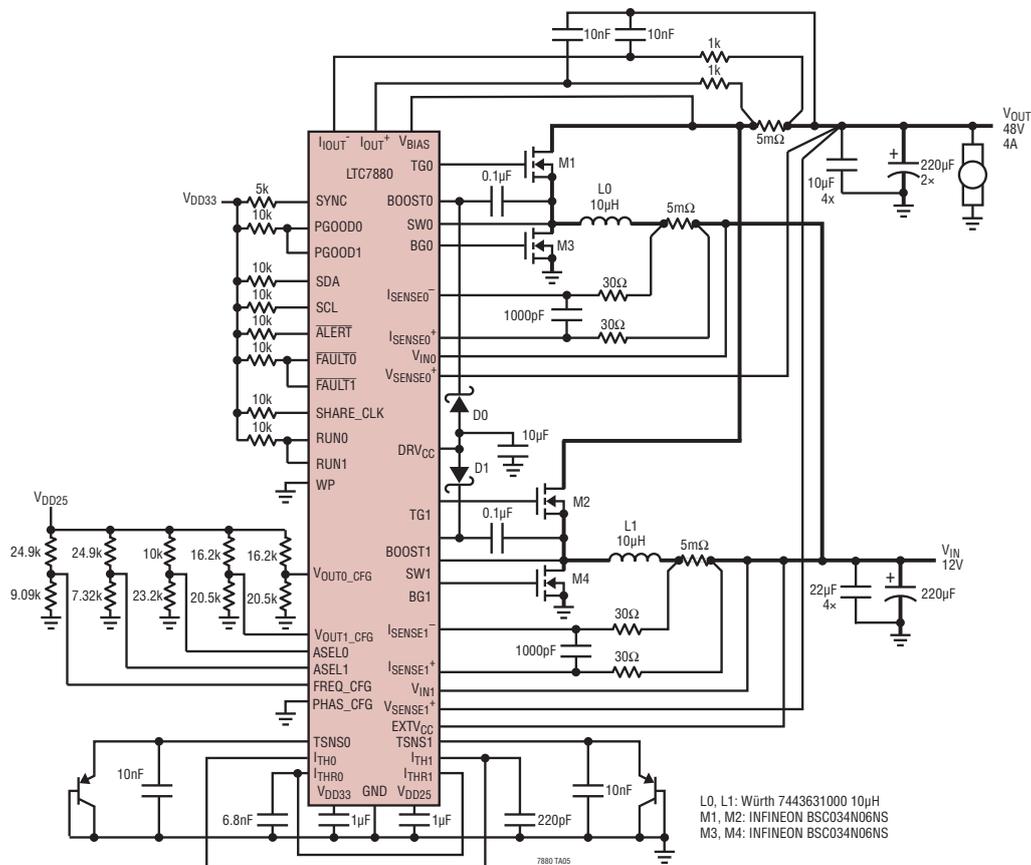
UKG Package
52-Lead Plastic QFN (7mm × 8mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1729 Rev 0)



- 注:
1. 図は JEDEC のパッケージ外形ではない
 2. 図は実寸とは異なる
 3. 全ての寸法の単位はミリメートル
 4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。モールドのバリ (存在する場合) はどの側でも 0.20mm を超えないこと
 5. 露出パッドはハンダ・メッキとする
 6. 灰色の部分はパッケージの上面と底面の 1 番ピンの位置の参考に過ぎない

標準的応用例

検出抵抗を備えた 250kHz 2 相 12V~48V 昇圧コンバータ



関連製品

製品番号	説明	注釈
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 またはシングル 26A 降圧 DC/DCµModule レギュレータ	V_{IN} : 最大 26.5V, $0.5V \leq V_{OUT} (\pm 0.5\%) \leq 5.4V$, I_{OUT} の精度: $\pm 2\%$ 、障害ログ、I ² C/PMBus インターフェース、16mm×16mm×5mm、BGA パッケージ
LTM4677	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 18A またはシングル 36A µModule レギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$, $0.5V \leq V_{OUT} (\pm 0.5\%) \leq 1.8V$, I ² C/PMBus インターフェース、16mm × 16mm × 5.01mm、BGA パッケージ
LTC3889	パワー・システム・マネージメント機能を搭載した 60V デュアル出力降圧コントローラ	$5V < V_{IN} < 60V$, $0.5V \leq V_{OUT} (\pm 0.5\%) \leq 40V$ 、入力電流検出、EEPROM および 16 ビット ADC との I ² C/PMBus インターフェース
LTC3884	1mΩ未満のDCRによる検出、電流モード制御、およびデジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えたデュアル出力マルチフェーズ降圧コントローラ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 38V$, $0.5V \leq V_{OUT} (\pm 0.5\%) \leq 5.5V$, I ² C/PMBus インターフェース、プログラム可能なアナログ・ループ補償、入力電流検出
LTC3887/ LTC3887-1	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出力マルチフェーズ降圧 DC/DC コントローラ	V_{IN} : 最大 24V, $0.5V \leq V_{OUT0,1} \leq 5.5V$ 、アナログ制御ループ、EEPROM および 16 ビット ADC との I ² C/PMBus インターフェース
LTC3882/ LTC3882-1	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出力マルチフェーズ降圧 DC/DC 電圧モード・コントローラ	V_{IN} : 最大 38V, $0.5V \leq V_{OUT1,2} \leq 5.25V$, V_{OUT} の精度: $\pm 0.5\%$ 、EEPROM および 16 ビット ADC との I ² C/PMBus インターフェース
LTC3886/ LTC3886-1	パワー・システム・マネージメント機能を搭載した 60V デュアル出力降圧コントローラ	$4.5V < V_{IN} < 60V$, $0.5V \leq V_{OUT} (\pm 0.5\%) \leq 13.8V$ 、入力電流検出、EEPROM および 16 ビット ADC との I ² C/PMBus インターフェース
LTC2977	正確な出力電圧測定を特長とする 8 チャンネル PMBus パワー・システム・マネージャ	内蔵の EEPROM への障害ログ、8 つの出力電圧、入力電圧、およびダイ温度をモニタ