

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。
この正誤表は、2020 年 11 月 26 日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2020 年 11 月 26 日

製品名：LTC7132

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：56 ページ、右の段、下から 2 行目

【誤】

周波数：24.9k Ω および $R_{BOT}=5.76k\Omega$

【正】

周波数： $R_{TOP}=24.9k\Omega$ および $R_{BOT}=5.76k\Omega$

デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を 備えた 25A デュアル PolyPhase レギュレータ

特長

- PMBus/I²C 準拠のシリアル・インターフェース
 - 遠隔測定読出しの対象: V_{IN} 、 I_{IN} 、 V_{OUT} 、 I_{OUT} 、温度、障害
 - プログラム可能な電圧、電流制限、デジタル・ソフトスタート/ストップ、シーケンス制御、マージン制御、OV/UV/OC
- 1mΩ未満のDCRによる電流検出
- デジタル式に調整可能なループ補償パラメータ
- 全温度範囲で±0.5%の出力電圧精度
- 入力電流検出アンプ内蔵
- 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: 4.5V ~ 20V
- 出力電圧範囲: 0.5V ~ 3.5V (超低DCR設定時)、0.5V ~ 5.5V (標準的なDCR設定時)
- 最大6相に及ぶ高精度 PolyPhase® 電流分担
- 140ピン (9mm × 11.25mm × 2.22mm) BGAパッケージで供給

アプリケーション

- 通信システム、データ通信システム、およびストレージ・システム
- 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

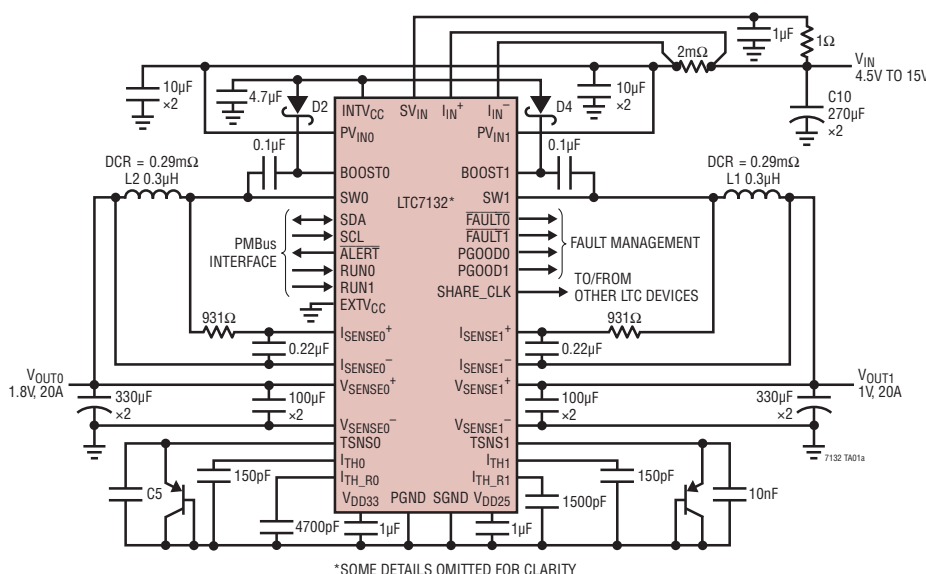
LTC®7132は、I²C ベースでPMBus準拠のシリアル・インターフェースを備えたデュアル出力 PolyPhase DC/DC 同期整流式降圧モノリシック・レギュレータです。このレギュレータは固定周波数の電流モード・アーキテクチャを採用しており、独自の方式と相まって、1mΩ未満のDCRアプリケーションで優れた性能を発揮します。LTC7132は、グラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) を備えたソフトウェア開発ツール LTpowerPlay® によってサポートされています。

プログラム可能なループ補償により、レギュレータをデジタル式に補償できます。スイッチング周波数、チャンネルの位相、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。更に、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。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。

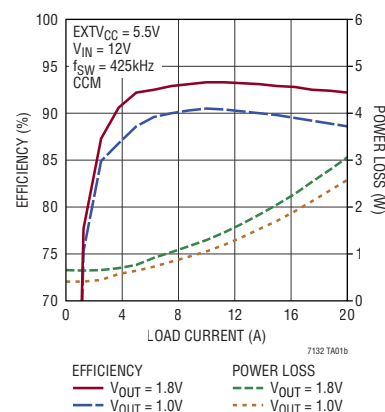
LTC7132は、不連続 (パルス・スキップ) モードまたは強制連続導通モードで動作するように設定できます。各チャンネルは最大25Aの負荷電流を供給できます。ただし、全体的な電流供給能力は、両チャンネルでの全消費電力により異なります。

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、6144194、6177787、6580258、5408150、7420359、8648623、8786265、8823352、7000125を含む米国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	30
アプリケーション	1	V_{OUT} と I_{IN}/I_{OUT} の障害に対する応答	30
標準的応用例	1	出力過電圧障害の応答	31
概要	1	出力低電圧の応答	31
目次	2	ピーク出力過電流障害の応答	31
絶対最大定格	4	タイミング障害に対する応答	31
発注情報	4	V_{IN} の 0V 障害に対する応答	32
ピン配置	4	OT/UT 障害に対する応答	32
電気的特性	5	内部過熱障害の応答	32
代表的な性能特性	11	外部過熱障害および低温障害の応答	32
ピン機能	15	入力過電流障害および出力低電流障害に対する	
ブロック図 (UK パッケージ)	17	応答	32
動作	18	外部障害に対する反応	32
概要	18	障害ログ	32
メイン制御ループ	19	バスのタイムアウト保護	33
EEPROM	19	PMBus、SMBus、および I ² C 2 線インターフェースの	
電源の投入と初期化	20	類似点	33
ソフトスタート	20	PMBus シリアル・デジタル・インターフェース	33
時間ベースのシーケンス制御	21	PMBus コマンドの概要	38
電圧ベースのシーケンス制御	21	PMBus コマンド	38
シャットダウン	22	* データ・フォーマット	43
軽負荷電流動作	22	アプリケーション情報	44
スイッチング周波数と位相	22	電流制限のプログラミング	44
PWM ループ補償	23	I_{SENSE0} $\pm$ ピンと I_{SENSE1} $\pm$ ピン	44
出力電圧の検出	23	インダクタの DCR による検出	45
INTV _{CC} /EXTV _{CC} 電源	23	インダクタ値の計算	46
出力電流の検出と 1m Ω 未満の DCR による電流検出	24	インダクタのコアの選択	46
入力電流の検出	25	値の小さな抵抗による電流検出	46
PolyPhase による負荷分担	25	スロー補償とインダクタのピーク電流	47
外部温度/内部温度の検出	25	可変遅延時間、ソフトスタート、および	
RCONFIG (抵抗設定) ピン	26	出力電圧の上昇	48
障害の検出と処理	27	デジタル・サーボ・モード	48
ステータス・レジスタと ALERT のマスキング	27	ソフトオフ (シーケンス制御によるオフ)	49
FAULT ピンへの障害情報のマッピング	29	INTV _{CC} /EXTV _{CC} 電源	49
パワーグッド・ピン	29	上側 MOSFET ドライバの電源 (C_B 、 D_B)	50
CRC 保護	29	低電圧ロックアウト	50
シリアル・インターフェース	29	C_{IN} と C_{OUT} の選択	51
通信保護	30	障害通知	51

目次

オープンドレイン・ピン	52	入力電流とリミット	82
フェーズ・ロック・ループと周波数同期	53	温度	82
最小オン時間に関する検討事項	53	外部温度キャリブレーション	82
外部温度の検出	54	外部温度リミット	83
入力電流検出アンプ	54	タイミング	84
外付け抵抗設定ピン (RCONFIG)	55	タイミグーオン・シーケンス／ランプ	84
電圧の選択	55	タイミグーオフ・シーケンス／ランプ	85
周波数の選択	56	再起動の前提条件	86
位相の選択	56	障害応答	86
RCONFIGを使用したアドレスの選択	57	全障害に対する障害応答	86
効率に関する検討事項	57	入力電圧に対する障害応答	87
熱に関する検討事項	58	出力電圧に対する障害応答	87
プログラム可能なループ補償	59	出力電流に対する障害応答	90
過渡応答のチェック	59	IC 温度に対する障害応答	91
PolyPhase 構成	60	外部温度に対する障害応答	92
プリント回路基板レイアウトのチェックリスト	61	障害信号の共有	93
プリント回路基板レイアウトのデバッグ	61	障害信号の共有と伝搬	93
設計例	63	障害共有信号の応答	95
その他の設計チェック	64	スクラッチパッド	95
USB-I ² C/SMBus/PMBus 間コントローラからシステム内の		識別情報	96
LTC7132 への接続	64	障害および警告のステータス	97
LTpowerPlay: デジタル電源用のインタラクティブ GUI	65	遠隔測定	104
PMBus 通信とコマンド処理	65	NVM メモリ・コマンド	108
PMBus コマンドの詳細	68	格納／再生	108
アドレス指定と書き込み保護	68	障害ログ	109
汎用設定コマンド	70	ブロック・メモリの書き込み／読出し	112
オン／オフ／マージン	71	標準的応用例	113
PWM 設定	73	パッケージ	117
電圧	76	標準的応用例	118
入力電圧とリミット	76	関連製品	118
出力電圧とリミット	77		
出力電流とリミット	80		

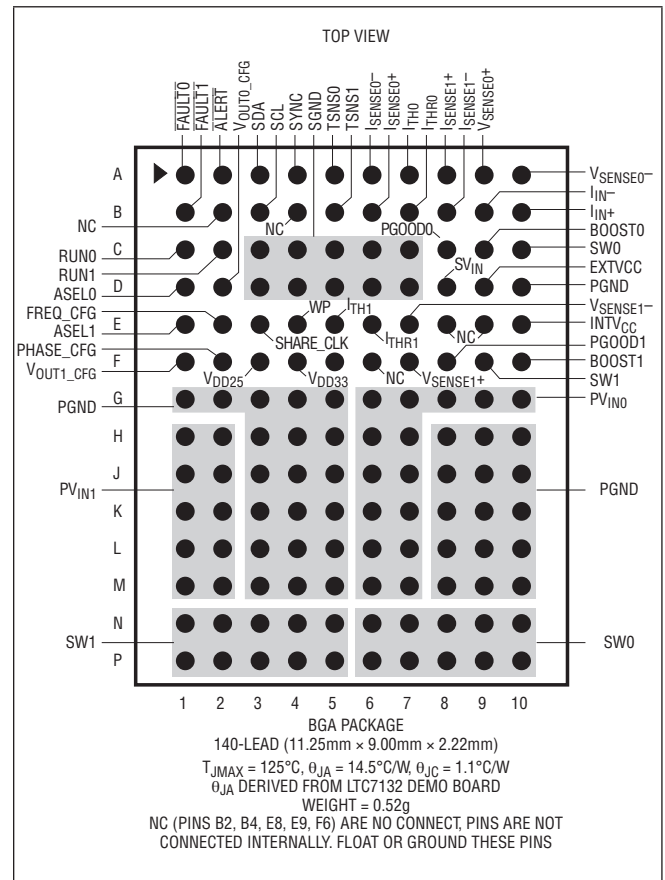
絶対最大定格

(Note 1)

SV_{IN} , PV_{IN0} , PV_{IN1} , I_{IN}^{+} , I_{IN}^{-}	$-0.3V \sim 20V$
$(V_{IN}-I_{IN}^{+})$, $(I_{IN}^{+}-I_{IN}^{-})$	$-0.3V \sim 0.3V$
BOOST0, BOOST1	$-0.3V \sim 26V$
スイッチのトランジエント電圧 (SW0, SW1)	$-5V \sim 26V$
I_{SENSE0}^{+} , I_{SENSE0}^{-} , I_{SENSE1}^{+} , I_{SENSE1}^{-} , V_{SENSE0}^{+} , V_{SENSE1}^{+}	$-0.3V \sim 6V$
V_{SENSE0}^{-} , V_{SENSE1}^{-}	$-0.3V \sim 0.3V$
(BOOST0-SW0) 間, (BOOST1-SW1) 間	$-0.3V \sim 6V$
EXTV _{CC} , INTV _{CC}	$-0.3V \sim 6V$
PGOOD0, PGOOD1	$-0.3V \sim 3.6V$
RUN0, RUN1, SDA, SCL, ALERT	$-0.3V \sim 5.5V$
ASEL0, ASEL1, V _{OUT0_CFG} , V _{OUT1_CFG} , FREQ_CFG, PHASE_CFG	$-0.3V \sim 2.75V$
FAULT0, FAULT1, SHARE_CLK, WP, SYNC	$-0.3V \sim 3.6V$
TSNS0, TSNS1	$-0.3V \sim 2.2V$
I _{TH0} , I _{TH1} , I _{THR0} , I _{THR1}	$-0.3V \sim 2.7V$
動作ジャンクション温度範囲 (Note 2, 17, 18)	$-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$
保存温度範囲	$-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$

*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](#)セクションのEEPROMデータ保持期間の温度でのデレーティングを参照してください。

ピン配置



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング*		パッケージ・タイプ	MSL 定格	温度範囲 (Note 2 参照)
		デバイス	仕上げコード			
LTC7132EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTC7132Y	e1	BGA	4	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTC7132IY#PBF						

• 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。*パッドまたはボールの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609に準拠しています。

- 推奨されるLGA/BGAのPCBアセンブリおよび製造方法
- LGA/BGAパッケージおよびトレイの図面

電氣的特性

●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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $EXTV_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0,1} = 3.3\text{V}$ 、 $f_{SYNC} = 500\text{kHz}$ (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	CONDITION		MIN	TYP	MAX	UNITS
入力電圧							
SV _{IN} , PV _{IN0/1}	Input Voltage Range	(Note 11)	●	4.5		20	V
I _Q	Input Voltage Supply Current	V _{RUN0,1} = 3.3V (Note 16) V _{RUN0,1} = 0V (Note 16)			25 23		mA mA
V _{UVLO}	Undervoltage Lockout Threshold When V _{IN} > 4.3V	V _{INTVCC} Falling V _{INTVCC} Rising			3.55 3.90		V V
t _{INIT}	Initialization Time	Time from V _{IN} Applied Until the TON_DELAY Timer Starts			35		ms
t _{OFF(MIN)}	Short Cycle Retry Time				120		ms
制御ループ							
V _{OUTRL}	Range 1 Maximum V _{OUT} Set Point Accuracy (0.6V ~ 2.5V) Resolution LSB Step Size	0.6V ≤ V _{OUT} ≤ 2.5V MFR_PWM_MODE[1] = 1 (Notes 9, 10, 13)	●	−0.5	2.75 12 0.688	0.5	V % Bits mV
V _{OUTRH}	Range 0 Maximum V _{OUT} Set Point Accuracy (0.6V ~ 5.0V) Resolution LSB Step Size	1.2V ≤ V _{OUT} ≤ 5.5V MFR_PWM_MODE[1] = 0 (Notes 9, 10, 13)	● ●	−0.5	5.5 12 1.375	0.5	V % Bits mV
V _{LINEREG}	Line Regulation	6V < V _{IN} < 20V	●			±0.02	%/V
V _{LOADREG}	Load Regulation	ΔV _{ITH} = 1.35V ~ 0.7V ΔV _{ITH} = 1.35V ~ 2V	● ●		0.01 −0.01	0.1 −0.1	% %
I _{ISENSE0,1}	Input Pin Bias Current	0V ≤ V _{PIN} ≤ 5.5V	●		±1	±3	μA
V _{SENSEIN0,1}	V _{SENSE} Input Resistance to GND	0V ≤ V _{PIN} ≤ 5.5V			50		kΩ
V _{LIMIT}	V _{LIM_HIGH}	MFR_PWM_MODE[7].[2]=0, 1, I _{LIM} [3:0]=1100, V _{OUT} ≤ 3.5V (Note 15)	●	14.5	16.5	18.5	mV
	V _{LIM_LOW}	MFR_PWM_MODE[7].[2]=0, 1, I _{LIM} [3:0]=0001, V _{OUT} ≤ 3.5V			9.5		mV
	V _{REV}	MFR_PWM_MODE[7].[2]=0, 1, V _{OUT} ≥ V _{OV}			−7.5		mV
	V _{LIM_HIGH} V _{LIM_LOW} V _{REV}	MFR_PWM_MODE[7][2]=1, 1, I _{LIM} [3:0]=1100, V _{OUT} ≤ 3.5V MFR_PWM_MODE[7][2]=1, 1, I _{LIM} [3:0]=0001, V _{OUT} ≤ 3.5V MFR_PWM_MODE[7][2]=1, 1, V _{OUT} ≥ V _{OV}	●	27.0	29.5 17.0 −15	31.0	mV mV mV
	V _{LIM_HIGH} V _{LIM_LOW} V _{REV}	MFR_PWM_MODE[7][2]=0, 0, I _{LIM} [3:0]=1100 MFR_PWM_MODE[7][2]=0, 0, I _{LIM} [3:0]=0001 MFR_PWM_MODE[7][2]=0, 0, V _{OUT} ≥ V _{OV}	●	35	41.38 25 −18.8	49	mV mV mV
V _{LIM_HIGH} V _{LIM_LOW} V _{REV}	MFR_PWM_MODE[7][2]=1, 0, I _{LIM} [3:0]=1100 MFR_PWM_MODE[7][2]=1, 0, I _{LIM} [3:0]=0001 MFR_PWM_MODE[7][2]=1, 0, V _{OUT} ≥ V _{OV}	●	67.5	74.5 43.5 −37.5	81.5	mV mV mV	
g _{m0,1}	Resolution Error Amplifier g _{m(MAX)} Error Amplifier g _{m(MIN)} LSB Step Size	I _{TH0,1} = 1.35V, MFR_PWM_CONFIG[7:5] = 0 to 7			3 4.6 0.8 0.54		Bits mmho mmho mmho
R _{TH0, 1}	Resolution Compensation Resistor R _{TH(MAX)} Compensation Resistor R _{TH(MIN)}	MFR_PWM_CONFIG[4:0] = 0 to 31 (See Figure 1)			5 62 0		Bits kΩ kΩ
t _{ON(MIN)}	Minimum On-Time				90		ns
R _{DS(ON)}							
R _{TOP}	Top Power NMOS On-Resistance				7.3		mΩ
R _{BOTTOM}	Bottom Power NMOS On-Resistance				2.1		mΩ

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0,1} = 3.3\text{V}$ 、 $f_{\text{SYNC}} = 500\text{kHz}$ (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	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
OV/UV 出力電圧監視回路のチャンネル 0/1						
N	Resolution			9		Bits
$V_{\text{OUSTPSP_RL}}$	LSB Step Size	$\text{MFR_PWM_MODE}[1] = 1$ (Note 13)		5.6		mV
$V_{\text{OUSTPSP_RH}}$	LSB Step Size	$\text{MFR_PWM_MODE}[1] = 0$ (Note 13)		11.2		mV
$V_{\text{RANGE_RL}}$	Range 0 Maximum Threshold	$\text{MFR_PWM_MODE}[1] = 1$		2.86		V
$V_{\text{RANGE_RH}}$	Range 1 Maximum Threshold	$\text{MFR_PWM_MODE}[1] = 0$		5.74		V
$V_{\text{THAC0_RL}}$	Threshold Accuracy $1\text{V} < V_{\text{OUT}} < 2.75\text{V}$	$\text{MFR_PWM_MODE}[1] = 1$	●		± 1.5	%
$V_{\text{THAC1_RH}}$	Threshold Accuracy $2\text{V} < V_{\text{OUT}} < 5.5\text{V}$	$\text{MFR_PWM_MODE}[1] = 0$	●		± 1.5	%
t_{PROPOV}	OV Comparator Response Time	$V_{\text{OD}} = 10\%$ of Threshold			100	μs
t_{PROPUV}	UV Comparator Response Time	$V_{\text{OD}} = 10\%$ of Threshold			100	μs

 V_{IN} 電圧監視回路

N	Resolution			9		Bits
V_{INSTP}	LSB Step Size			76		mV
V_{IN}	Full-Scale Voltage			20		V
V_{INTHACCM}	Threshold Accuracy $9\text{V} < V_{\text{IN}} < 20\text{V}$ Threshold Accuracy $4.5\text{V} < V_{\text{IN}} \leq 9\text{V}$		● ●		± 3	%
					± 6.0	%
t_{PROPVIN}	Comparator Response Time ($V_{\text{IN_ON}}$ and $V_{\text{IN_OFF}}$)	$V_{\text{OD}} = 10\%$ of threshold			100	μs

出力電圧の読出し

N	Resolution			16		Bits
V_{OUTSTP}	LSB Step Size			244		μV
$V_{\text{F/S}}$	Full-Scale Sense Voltage	$V_{\text{RUN0}} = 0$ (Note 8)		8		V
$V_{\text{OUT_TUE}}$	Total Unadjusted Error	$V_{\text{OUT}} > 0.6\text{V}$ (Note 8)	●	-0.5	0.5	%
V_{OS}	Zero-Code Offset Voltage		●		± 500	μV
t_{CONVERT}	Update Rate	(Note 6)		90		ms

 V_{IN} 電圧の読出し

N	Resolution	(Note 5)		10		Bits
$V_{\text{F/S}}$	Full-Scale Input Voltage	(Note 11)		20		V
V_{INTUE}	Total Unadjusted Error	$V_{\text{VIN}} > 4.5\text{V}$ (Note 8)	●		0.5 2	% %
t_{CONVERT}	Update Rate	(Note 6)		90		ms

出力電流の読出し

N	Resolution	(Note 5)		10		Bits
V_{IOUTSTP}	LSB Step Size	$0\text{V} \leq V_{\text{ISENSE}^+} - V_{\text{ISENSE}^-} < 16\text{mV}$		15.63		μV
		$16\text{mV} \leq V_{\text{ISENSE}^+} - V_{\text{ISENSE}^-} < 32\text{mV}$		31.25		μV
		$32\text{mV} \leq V_{\text{ISENSE}^+} - V_{\text{ISENSE}^-} < 64\text{mV}$		62.5		μV
		$64\text{mV} \leq V_{\text{ISENSE}^+} - V_{\text{ISENSE}^-} < 100\text{mV}$		125		μV
$I_{\text{F/S}}$	Full-Scale Input Current	(Note 7) DCR or $R_{\text{ISENSE}} = 1\text{m}\Omega$		± 100		A
$I_{\text{OUT_TUE}}$	Total Unadjusted Error	$100\text{mV} > (V_{\text{ISENSE}^+} - V_{\text{ISENSE}^-}) > 6\text{mV}$ (Note 8)	●		± 1.25	%
V_{OS}	Zero-Code Offset Voltage				± 50	μV
t_{CONVERT}	Update Rate	(Note 6)		90		ms

電氣的特性

●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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{RUNO},1} = 3.3\text{V}$ 、 $f_{\text{SYNC}} = 500\text{kHz}$ (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	CONDITION		MIN	TYP	MAX	UNITS
入力電流の読出し							
N	Resolution	(Note 5)			10		Bits
V _{IINSTP}	LSB Step Size Full-Scale Range = 16mV LSB Step Size Full-Scale Range = 32mV LSB Step Size Full-Scale Range = 64mV	Gain = 8, 0V ≤ V _{IIN} ⁺ − V _{IIN} [−] ≤ 5mV Gain = 4, 0V ≤ V _{IIN} ⁺ − V _{IIN} [−] ≤ 20mV Gain = 2, 0V ≤ V _{IIN} ⁺ − V _{IIN} [−] ≤ 50mV			15.26 30.52 61		μV μV μV
I _{IN_TUE}	Total Unadjusted Error	Gain = 8, 2.5mV ≤ V _{IIN} ⁺ − V _{IIN} [−] ≤ 5mV (Note 8) Gain = 4, 4mV ≤ V _{IIN} ⁺ − V _{IIN} [−] ≤ 20mV (Note 8) Gain = 2, 6mV ≤ V _{IIN} ⁺ − V _{IIN} [−] ≤ 50mV (Note 8)				±2 ±1.3 ±1.2	% % %
V _{OS}	Zero-Code Offset Voltage					±50	μV
t _{CONVERT}	Update Rate	(Note 6)			90		ms
電源電流の読出し							
N	Resolution	(Note 5)			10		Bits
V _{CHIPSTP}	LSB Step Size Full-Scale Range = 256mV				244		μV
I _{CHIPTUE}	Total Unadjusted Error	20mV ≤ V _{IIN} ⁺ − V _{IN} ≤ 150mV (Note 19)	●			±3	%
t _{CONVERT}	Update Rate	(Note 6)			90		ms
温度の読出し (T0、T1)							
T _{RES_T}	Resolution				0.25		°C
T0_TUE	External Temperature Total Unadjusted Readback Error	TSNS0, TSNS1 ≤ 1.85V (Note 8) MFR_PWM_MODE_[5] = 0 MFR_PWM_MODE_[5] = 1 (Note 14)	● ●	−3 −10		3 10	°C °C
T1_TUE	Internal TSNS TUE	V _{RUN0,1} = 0.0, f _{SYNC} = 0kHz (Note 8)				±1	°C
t _{CONVERT}	Update Rate	(Note 6)			100		ms
INTV _{CC} レギュレータ／EXTV _{CC}							
V _{INTVCC}	Internal V _{CC} Voltage No Load	6V ≤ V _{IN} ≤ 20V	●	5.25	5.5	5.75	V
V _{LDO_INT}	INTV _{CC} Load Regulation	I _{CC} = 0mA to 20mA, 6V ≤ V _{IN} ≤ 20V			0.5	±2	%
V _{EXTVCC}	EXTV _{CC} Switchover Voltage	V _{IN} ≥ 7V, EXTV _{CC} Rising	●	4.5	4.7	4.9	V
V _{LDO_HYS}	EXTV _{CC} Hysteresis				290		mV
V _{LDO_EXT}	EXTV _{CC} Voltage Drop	I _{CC} = 20mA, V _{EXTVCC} = 5.5V			50	100	mV
V _{IN_THR}	V _{IN} Threshold to Enable EXTV _{CC} Switchover	V _{IN} Rising				7.4	V
V _{IN_HYS}	V _{IN} Hysteresis to Disable EXTV _{CC} Switchover	V _{IN} Rising − V _{IN} Falling			600		mV
V _{DD33} レギュレータ							
V _{DD33}	Internal V _{DD33} Voltage	4.5V < V _{INTVCC} or 4.8V < V _{EXTVCC}		3.2	3.3	3.4	V
I _{LIM}	V _{DD33} Current Limit	V _{DD33} = GND, V _{IN} = INTV _{CC} = 4.5V			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} = GND, V _{IN} = INTV _{CC} = 4.5V			80		mA

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{RUN0},1} = 3.3\text{V}$ 、 $f_{\text{SYNC}} = 500\text{kHz}$ (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	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
発振器とフェーズ・ロック・ループ						
f_{RANGE}	PLL SYNC Range	Synchronized with Falling Edge of SYNC	●	200	1000	kHz
f_{OSC}	Oscillator Frequency Accuracy	Frequency Switch = 250kHz to 1000kHz	●		± 7.5	%
$V_{\text{TH(SYNC)}}$	SYNC Input Threshold	V_{SYNC} Falling V_{SYNC} Rising		1 1.5		V V
$V_{\text{OL(SYNC)}}$	SYNC Low Output Voltage	$I_{\text{LOAD}} = 3\text{mA}$		0.2	0.4	V
$I_{\text{LEAK(SYNC)}}$	SYNC Leakage Current in Slave Mode	$0\text{V} \leq V_{\text{PIN}} \leq 3.6\text{V}$			± 5	μA
$\theta_{\text{SYNC-00}}$	SYNC to Ch0 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of TGO	MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 0,2,3 MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 5 MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 1 MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 4,6		0 60 90 120		Deg Deg Deg Deg
$\theta_{\text{SYNC-01}}$	SYNC to Ch1 Phase Relationship Based on the Falling Edge of Sync and Rising Edge of TG1	MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 3 MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 0 MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 2,4,5 MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 1 MFR_PWM_CONFIG[2:0] = 6		120 180 240 270 300		Deg Deg Deg Deg Deg

EEPROM の特性

Endurance	(Note 12)	$0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ EEPROM Write Operations	●	10,000		Cycles
Retention	(Note 12)	$T_J < 125^\circ\text{C}$	●	10		Years
Mass_Write	Mass Write Operation Time	STORE_USER_ALL, $0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$ During EEPROM Write Operation	●	440	4100	ms

リーク電流: SDA、SCL、ALERT、RUN

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

リーク電流: FAULTn、PGOODn

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

デジタル入力: SCL、SDA、RUNn、FAULTn

V_{IH}	Input High Threshold Voltage		●		1.35	V
V_{IL}	Input Low Threshold Voltage		●	0.8		V
V_{HYS}	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、FAULTn、ALERT、RUNn、SHARE_CLK、PGOODn

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

FAULTn のデジタル・フィルタリング

I_{FLTG}	Input Digital Filtering FAULTn			3		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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 、 $V_{RUN0,1} = 3.3\text{V}$ 、 $f_{\text{SYNC}} = 500\text{kHz}$ (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	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
PGOOD_nのデジタル・フィルタリング						
I_{FLTG}	Output Digital Filtering PGOOD _n			60		μs
RUN_nのデジタル・フィルタリング						
I_{FLTG}	Input Digital Filtering RUN			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
$t_{\text{HD(STA)}}$	Hold Time After Repeated Start Condition After This Period, the First Clock is Generated		●	0.6		μs
$t_{\text{SU(STA)}}$	Repeated Start Condition Setup Time		●	0.6	10000	μs
$t_{\text{SU(STO)}}$	Stop Condition Setup Time		●	0.6		μs
$t_{\text{HD(DAT)}}$	Data Hold Time Receiving Data Transmitting Data		● ●	0 0.3	0.9	μs μs
$t_{\text{SU(DAT)}}$	Data Setup Time Receiving Data			0.1		μs
$t_{\text{TIMEOUT_SMB}}$	Stuck PMBus Timer Non-Block Reads Stuck PMBus Timer Block Reads	Measured from the Last PMBus Start Event		32 255		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: LTC7132 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。LTC7132E は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 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。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 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。LTC7132I は、 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全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と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。 $C_{\text{LOAD}} = 3500\text{pF}$ は設計により確認されている。

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、デフォルトではラウンドロビン方式で行われる。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。MFR_ADC_CTRL の値を0~12に設定すると、LTC7132はわずか8ms~10msで高速データ変換を実行できる。詳細については、PMBus コマンドのセクションを参照。

Note 7: IOUT_CAL_GAIN = 1.0mΩかつ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のゲイン誤差(%) + 100 × (ゼロコード・オフセット + ADCの直線性誤差) / 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。LTC7132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。

電気的特性

Note 10: V_{OUT} のプログラム可能な最大電圧は、出力電圧範囲がハイのときは 5.5V、出力電圧範囲がローのときは 2.75V。

Note 11: V_{IN} の最大電圧は 20V。

Note 12: EEPROM の書換え回数とデータ保持期間は、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によって確認されている。データ保持期間の出荷テストは、ウェーハ・レベルで高温状態にして実施される。データ保持期間の最小仕様は、内蔵の EEPROM の書換え回数がその最小仕様より少ないデバイスに適用される。RESTORE_USER_ALL コマンド (NVM の読み出し) は、全動作ジャンクション温度範囲にわたって有効。

Note 13: MFR_PWM_MODE[1] = 1 にすると出力電圧範囲はローに設定され、0 にするとハイに設定される。

Note 14: MFR_PWM_MODE[5] = 0 にすると温度計測の方法は ΔV_{BE} によって設定され、1 にすると $2V_{BE}$ によって設定される。

Note 15: MFR_PWM_MODE[2] = 1 にすると、デバイスは超低 DCR モードに設定され、0 にすると標準的な DCR モードに設定される。MFR_PWM_MODE[7] = 1 にすると、デバイスは高出力電流範囲に設定され、0 にすると低出力電流範囲に設定される。詳細については動作のセクションの「出力電流の検出と 1mΩ 未満の DCR による電流検出」を参照。DCR 検出では、 V_{LIMIT} のコード 1 ~ 9 のみがサポートされている。

Note 16: LTC7132 の自己消費電流 (I_Q) は、 V_{IN} の I_Q に EXTVC の I_Q を加えたものに等しい。

Note 17: LTC7132 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可能性がある。

Note 18: $T_J = 85^\circ\text{C}$ を超える温度または 0°C 未満の温度での書き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。読み出し動作を 125°C より低い温度で行えば、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 19: 入力電流検出抵抗 R_{VIN} を適切に調整して、検出電圧を最大電圧である 150mV 以内に設定する。

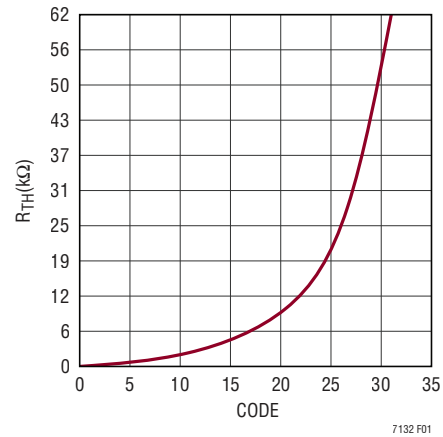
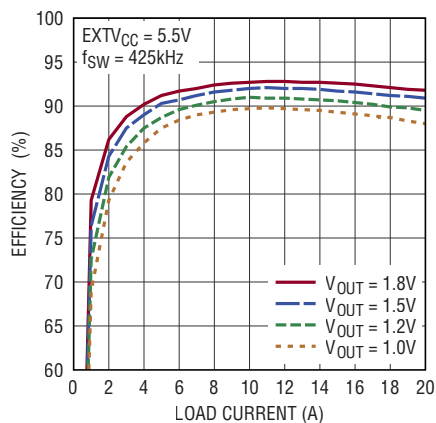


図 1. プログラム可能な R_{TH}

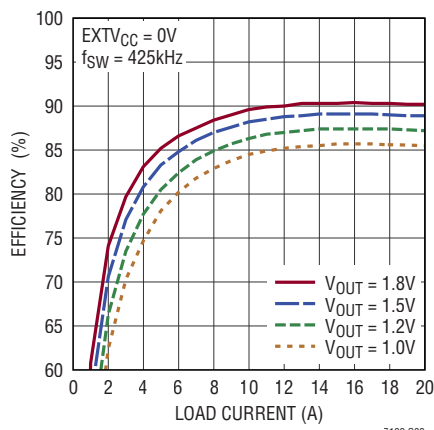
代表的な性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $L = 0.3\mu\text{H}$ 、 $\text{DCR} = 0.29\text{m}\Omega$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 。

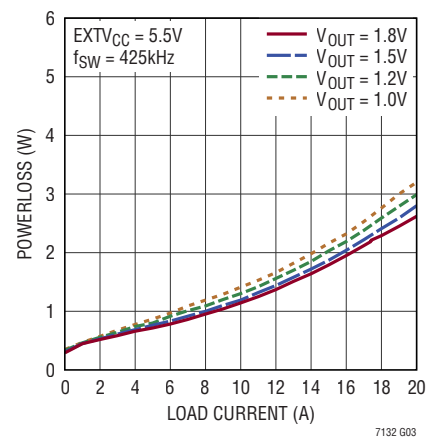
効率と負荷電流



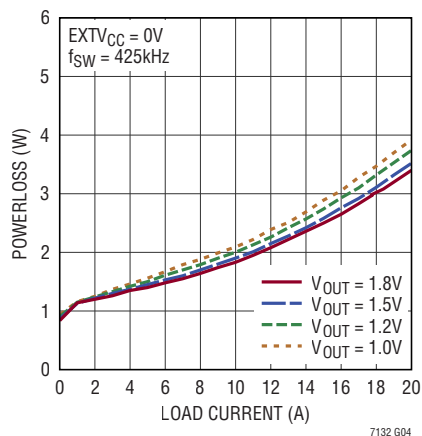
効率と負荷電流



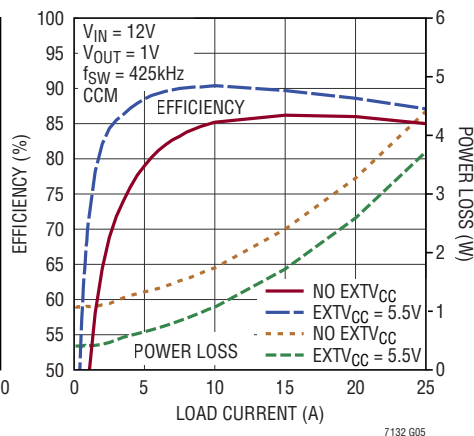
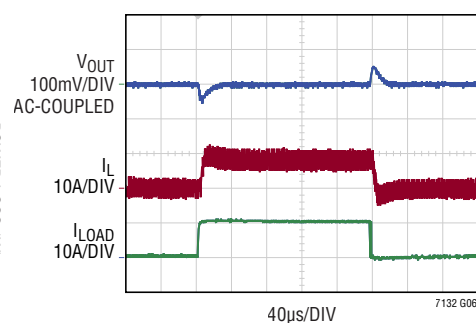
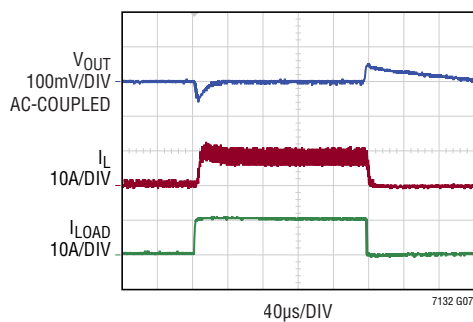
電力損失と負荷電流



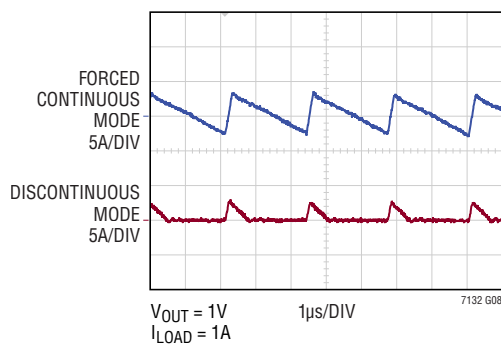
電力損失と出力電流



効率および電力損失と負荷電流

負荷ステップ
(強制連続モード)負荷ステップ
(不連続モード)

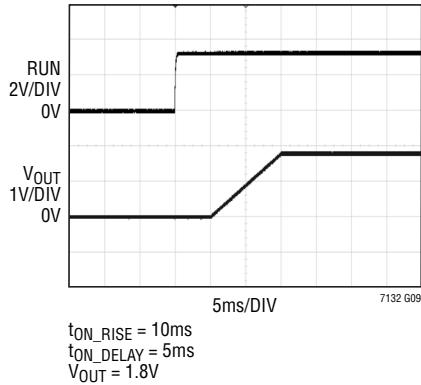
軽負荷時のインダクタ電流



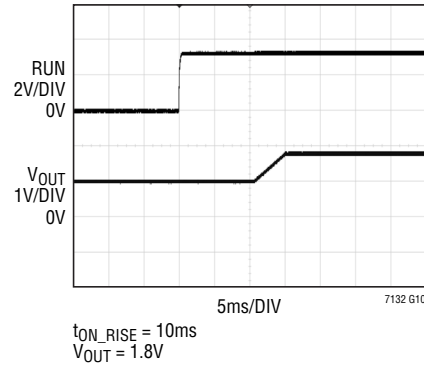
代表的な性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $L = 0.3\mu\text{H}$ 、 $\text{DCR} = 0.29\text{m}\Omega$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 。

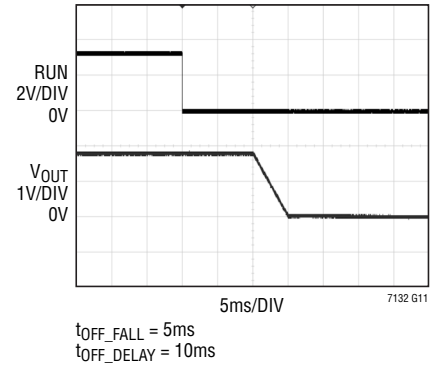
ソフトスタート時のランプ波形



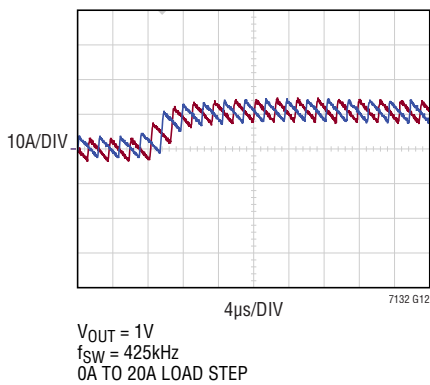
出力がプリバイアスされた状態での起動



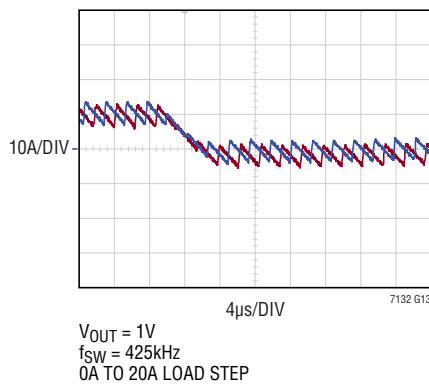
ソフトオフ時のランプ波形



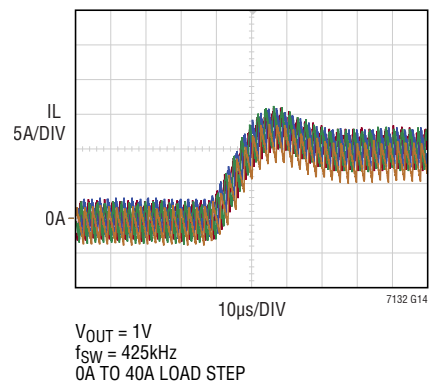
2相システムにおける
負荷過渡状態時での動的な
電流分担



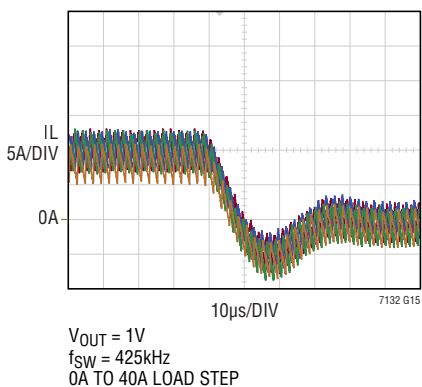
2相システムにおける
負荷過渡状態時での動的な
電流分担



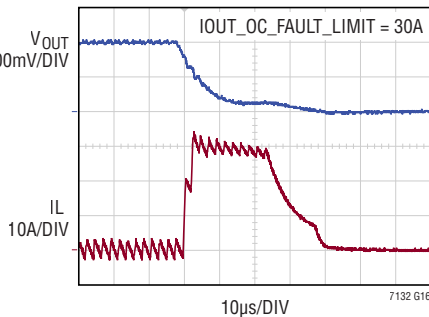
4相システムにおける
負荷過渡状態時での動的な
電流分担



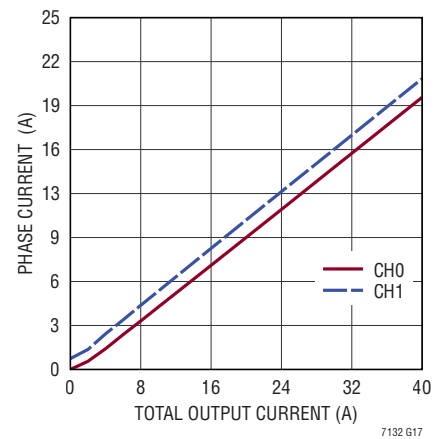
4相システムにおける
負荷過渡状態時での動的な
電流分担



出力短絡状態時の電流制限

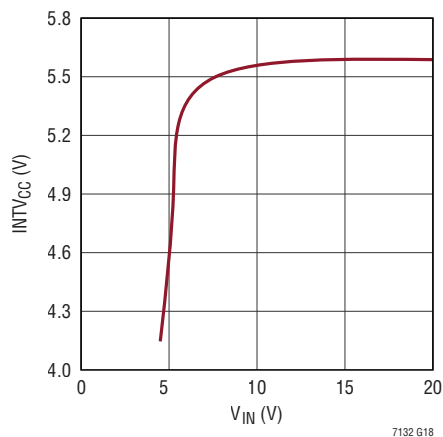
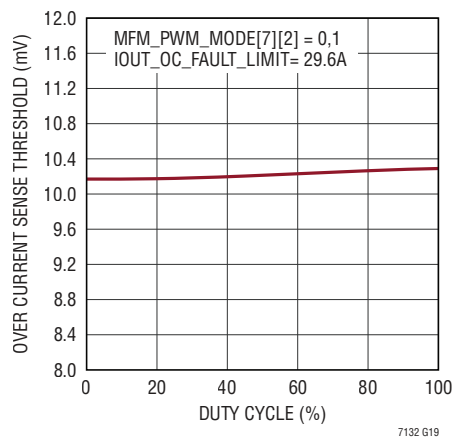


2相システムでのDC出力電流の
マッチング

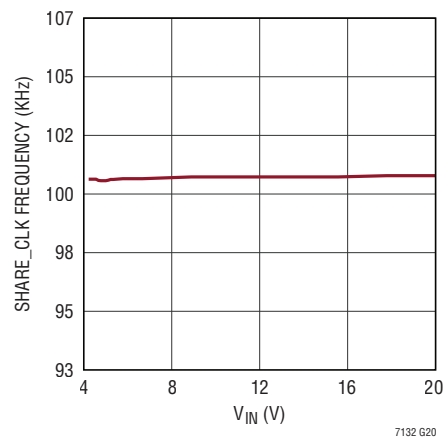


代表的な性能特性

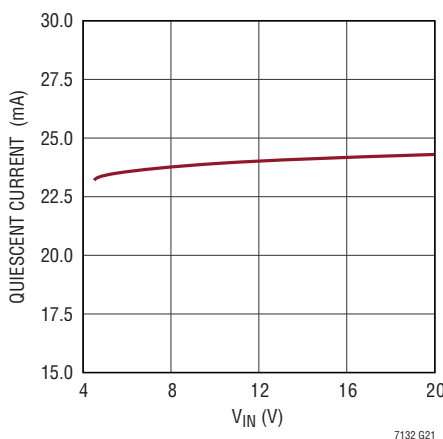
注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $L = 0.3\mu\text{H}$ 、 $\text{DCR} = 0.29\text{m}\Omega$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 。

INTV_{CC}のライン・レギュレーション電流検出閾値と
デューティ・サイクル

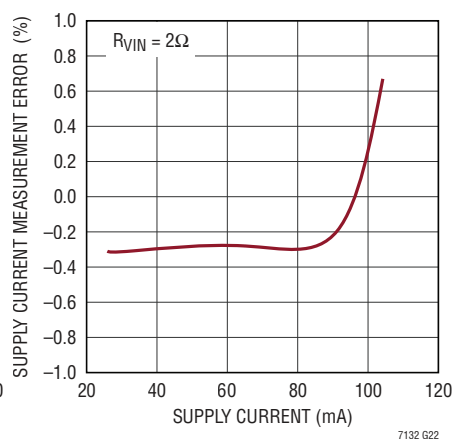
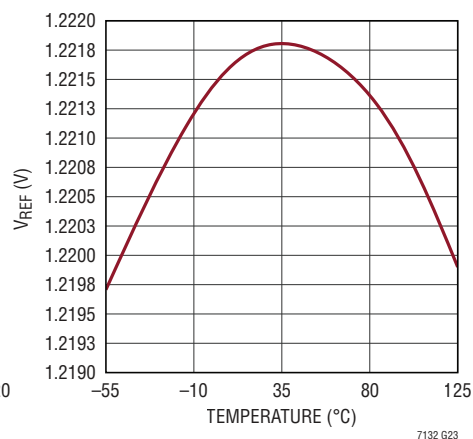
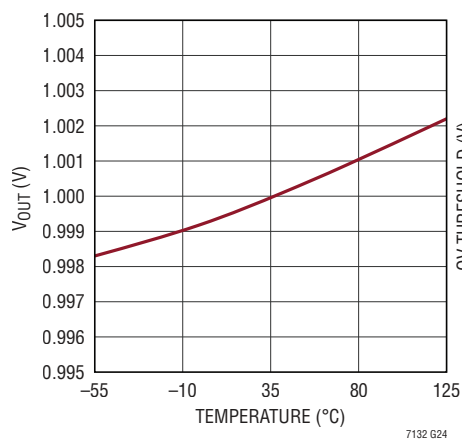
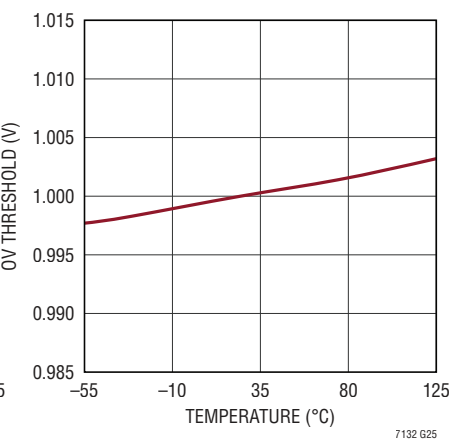
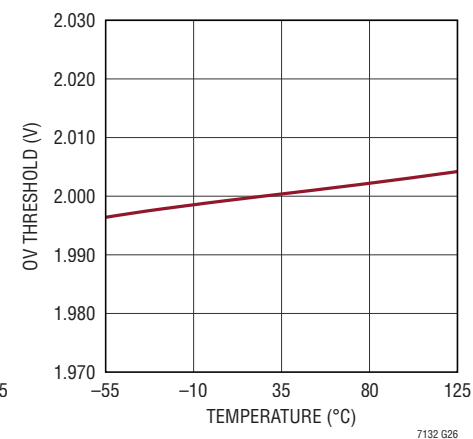
SHARE_CLK周波数と入力電圧



自己消費電流と入力電圧

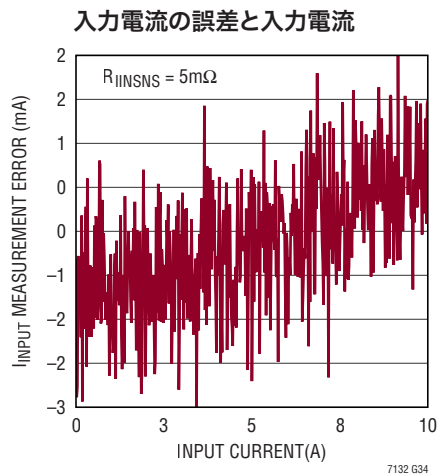
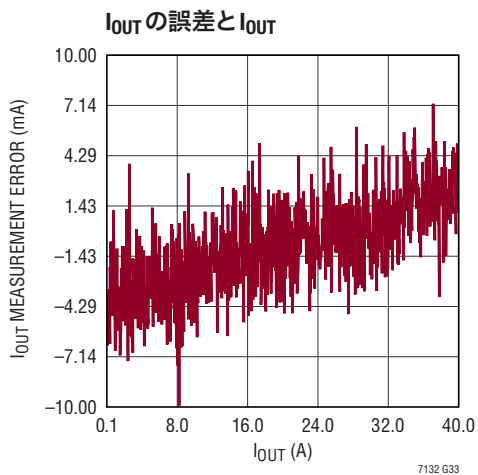
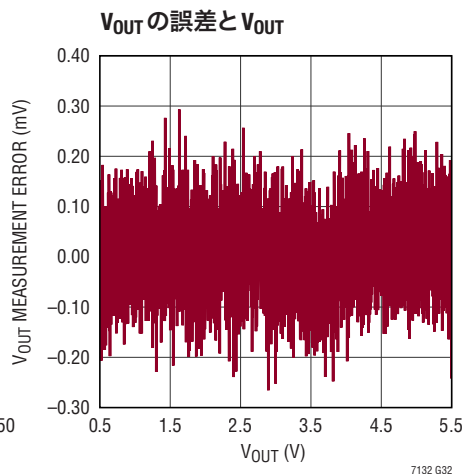
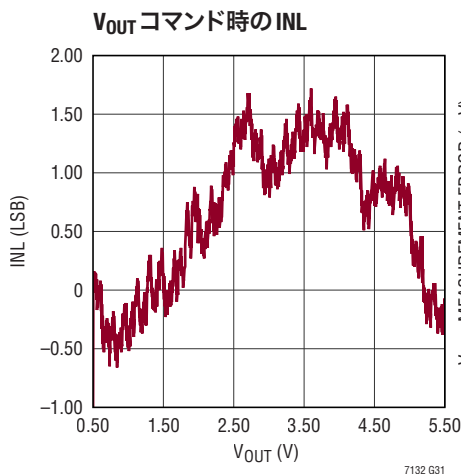
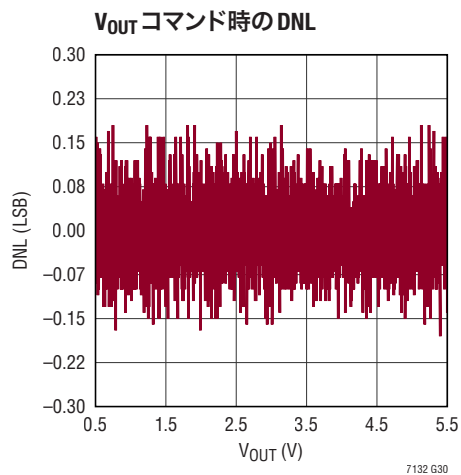
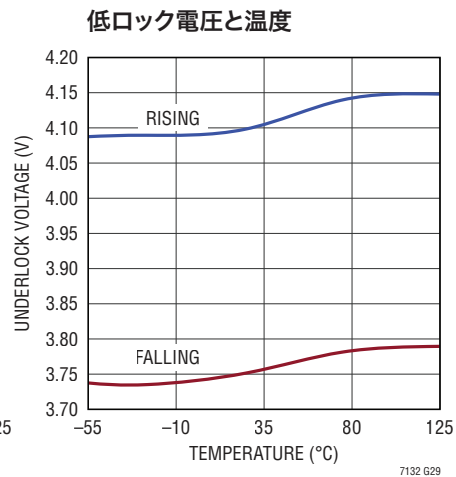
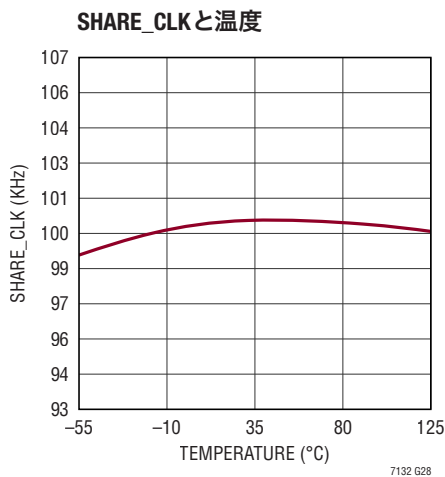
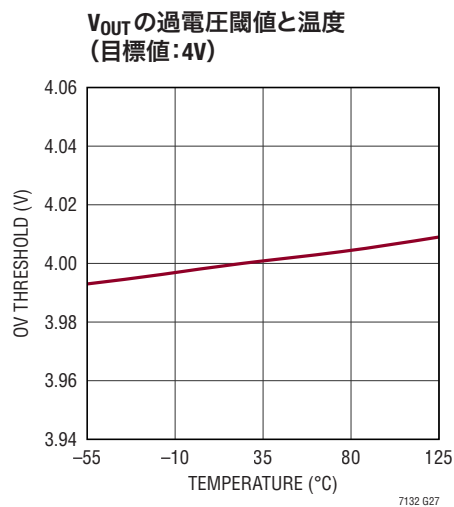


電源電流の測定誤差と電源電流

V_{REF}と温度V_{OUT}と温度V_{OUT}の過電圧閾値と温度
(目標値:1V)V_{OUT}の過電圧閾値と温度
(目標値:2V)

代表的な性能特性

注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $L = 0.3\mu\text{H}$ 、 $\text{DCR} = 0.29\text{m}\Omega$ 、 $\text{EXTV}_{CC} = 0\text{V}$ 。



ピン機能

V_{SENSE0+}/V_{SENSE1+} (A9/F7) : 正の出力電圧検出入力。

V_{SENSE0-}/V_{SENSE1-} (A10/E7) : 負の出力電圧検出入力。

I_{TH0}/I_{TH1} (A7/E5) : 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。

I_{THRO}/I_{THR1} (B7/E6) : ループ補償ノード。

I_{SENSE0+}/I_{SENSE1+} (B6/A8) : 電流検出コンパレータの正入力。通常は DCR 検出回路ネットワークまたは電流検出抵抗に接続されます。

I_{SENSE0-}/I_{SENSE1-} (A6/B8) : 電流検出コンパレータの負入力。通常は出力に接続されます。

SYNC (A4) : 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 500ns のスイッチング周波数に合わせてローになります。LTC7132 がマスタである場合は、アプリケーション内に 3.3V への抵抗プルアップが必要です。

SCL (B3) : 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 (A3) : 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 (A2) : 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 (A1/B1) : デジタル・プログラマブル FAULT 入力および出力。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 (C1/C2) : イネーブル実行入力および出力。これらのピンをロジック・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、LTC7132 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 (D1/E1) : シリアル・バスのアドレス選択入力。V_{DD25} と SGND 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。

VOUT0_CFG/VOUT1_CFG (D2/F1) : 出力電圧の選択ピン。出力電圧をチャンネルごとに選択するため、オプションの ±1% 精度の抵抗分圧器を V_{DD25} と VOUT_CFG と SGND の間に接続します。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 (E2) : 周波数の選択ピン。PWM スwitchング周波数を選択するため、オプションの ±1% 精度の抵抗分圧器を V_{DD25} と FREQ_CFG と SGND の間に接続します。詳細については、[アプリケーション情報のセクション](#)を参照してください。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。

PHASE_CFG (F2) : フェーズ選択ピン。±1% 精度の抵抗分圧器を V_{DD25} と PHASE_CFG (このピン) と SGND の間に接続して、それぞれの PWM チャンネルの位相を SYNC を基準にして設定します。このピンをオープンのままにした場合、デバイスは、NVM 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。

V_{DD25} (F3) : 内部生成された 2.5V 電源の出力ピン。このピンは低 ESR の 1μF コンデンサで SGND にバイパスします。設定ピンに必要な ±1% 精度の抵抗分圧器を除き、このピンには外部電流負荷をかけないでください。

WP (E4) : アクティブ・ハイの書き込み保護ピン。10μA の内部電流源により、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 による書き込みが制限されます。

SHARE_CLK (E3) : 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 LTC7132 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 ピンを互いに接続します。全ての LTC7132 は、最高速のクロックに同期します。3.3V へのプルアップ抵抗が必要です。

ピン機能

V_{DD33} (F4) : 内部生成された 3.3V 電源の出力ピン。このピンは低 ESR の 1 μ F コンデンサで SGND 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。ただし、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ 、SHARE_CLK、SYNC と、場合によっては RUN_n、SDA、SCL、PGOOD_n に必要なプルアップ抵抗は除きます。

INTV_{CC} (E10) : 内部レギュレータの 5.5V 出力。制御回路の電力はこの電圧から供給されます。最小 4.7 μ F 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 PGND にデカップリングします。このレギュレータは主に内部回路向けに設計されており、他の IC の電源としては使用しません。

EXTV_{CC} (D9) : INTV_{CC} に接続された内部スイッチへの外部電源入力。EXTV_{CC} が 4.7V より高く、V_{IN} が 7V より高い場合は、必ずこのスイッチが閉じて IC に電力を供給し、内部レギュレータをバイパスします。また、EXTV_{CC} が 4.7V より高く、INTV_{CC} が 3.8V より低い場合にも、EXTV_{CC} が V_{DD33} に電力を供給します。このピンの電圧が 6V を超えないようにしてください。最小 4.7 μ F 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 PGND にデカップリングします。EXTV_{CC} ピンを使用しないで INTV_{CC} に電力を供給する場合は、EXTV_{CC} ピンを GND に接続する必要があります。EXTV_{CC} ピンは V_{IN} ピンの電圧より高い電圧に接続してもかまいません。

SV_{IN} (D8) : 信号用 V_{IN} ピン。このピンは、内部の 5.5V INTV_{CC} LDO に電力を供給する入力電圧です。このピン (SV_{IN}) と V_{IN} の間に 2.2 Ω の抵抗を直列に接続します。このピンは、セラミック・コンデンサ (代表値 : 1 μ F ~ 10 μ F) を接続して PGND にデカップリングします。

BOOST0/BOOST1 (C9/F10) : フロート・ドライバの昇圧電源。これら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。これらのピンの振幅範囲は、INTV_{CC} よりもダイオードの電圧降下分だけ低い電圧から V_{IN} + INTV_{CC} までです。

SW0/SW1 (C10、N6、N7、N8、N9、N10、P6、P7、P8、P9、P10/F9、N1、N2、N3、N4、N5、P1、P2、P3、P4、P5) : スイッチ・ノードの出力インダクタへの接続ピン。これらのピンの電圧振幅は、グラウンドよりダイオード (内部のボディ・ダイオード) の電圧降下分だけ低い電位から V_{IN} までです。

TSNS0/TSNS1 (A5/B5) : 外付けダイオードの温度検出ピン。離れた場所の温度を検出するために、ダイオード接続 PNP トランジスタのアノードに接続し、カソードを GND (49 番ピン) に星形接続します。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°C に設定し、UT_FAULT_RESPONSE を無視するように設定します。

I_{IN}⁺ (B10) : 電流検出コンパレータの正入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンは I_{IN}⁻ ピンと V_{IN} ピンに短絡する必要があります。

I_{IN}⁻ (B9) : 電流検出コンパレータの負入力。入力電流検出アンプを使用しない場合、このピンは I_{IN}⁺ ピンと V_{IN} ピンに短絡する必要があります。

PGOOD0/PGOOD1 (C8/F8) : 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 および OV のレギュレーション範囲を超えると、グラウンド電位に低下します。出力のグリッチは内部の 60 μ s 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。

SGND (C3、C4、C5、C6、C7、D3、D4、D5、D6、D7) : 内部の信号グラウンド。全ての小信号用部品と補償部品はこのグラウンドに接続し、このグラウンド自体は PGND に一点接続します。

PV_{IN0}/PV_{IN1} (G6、G7、G8、G9、G10、H6、H7、J6、J7、K6、K7、L6、L7、M6、M7/H1、H2、J1、J2、K1、K2、L1、L2、M1、M2) : 主入力電源。これらのピンは内部ハイサイド・パワー MOSFET のドレインに直接接続されています。これらのピンは入力容量 C_{IN} を使用して PGND にデカップリングします。

PGND (ピン D10、G1、G2、G3、G4、G5、H3、H4、H5、H8、H9、H10、J3、J4、J5、J8、J9、J10、K3、K4、K5、K8、K9、K10、L3、L4、L5、L8、L9、L10、M3、M4、M5、M8、M9、M10) : 電源グラウンド。

ブロック図 (UKパッケージ)

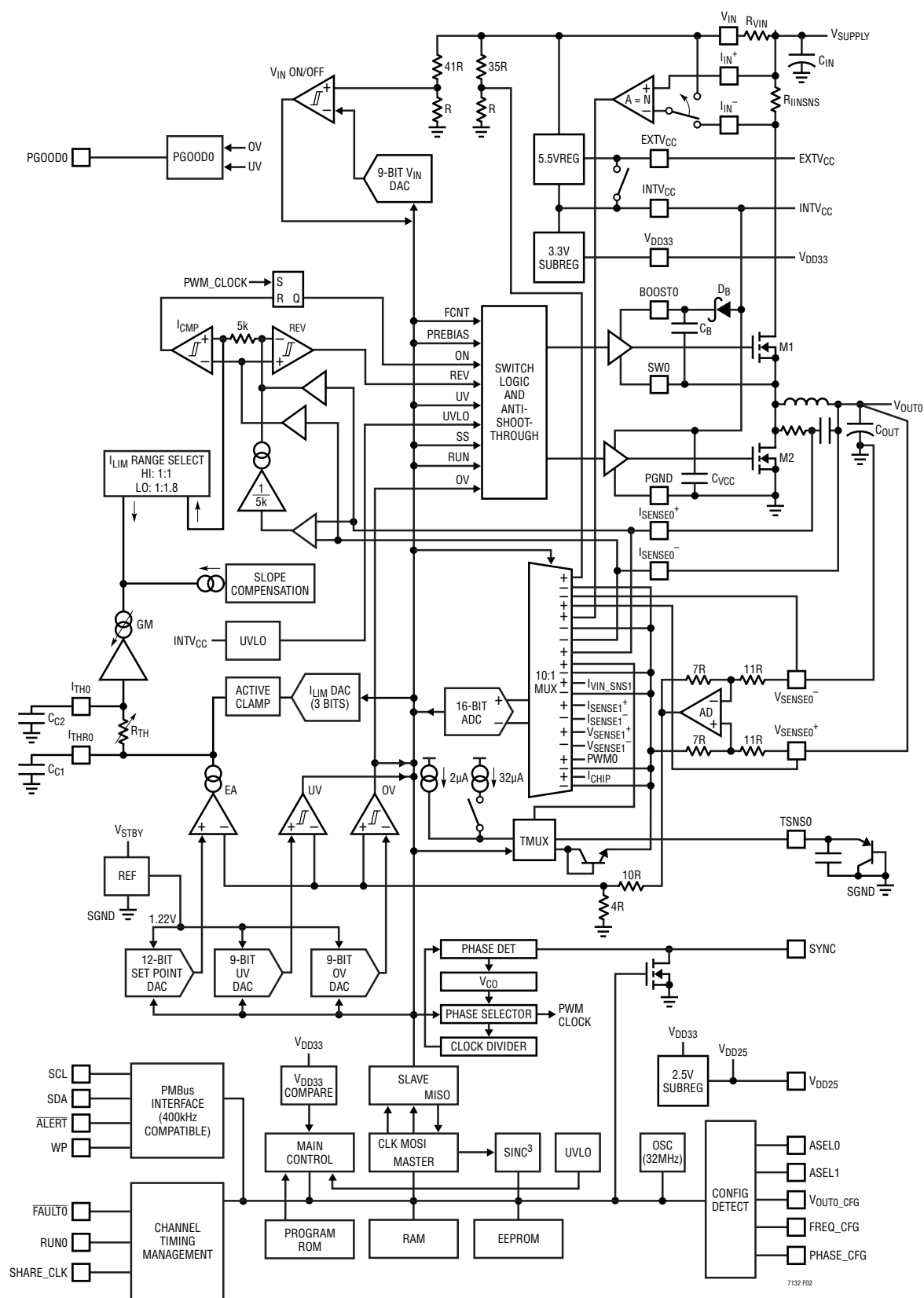


図2. ブロック図、2チャンネルの片方(チャンネル0を表示)

動作

概要

LTC7132は、DC/DC降圧アプリケーション向けのデュアル・チャンネル／デュアル・フェーズ、固定周波数、アナログ・ピーク電流モード・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。LTC7132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。

- 1mΩ未満のDCRによる検出
- 専用のパワーグッド・インジケータ
- 入力電流およびチップ電流の直接検出
- プログラム可能なループ補償パラメータ
- T_{INIT} 起動時間: 35ms
- PWM同期回路(詳細については、スイッチング周波数と位相のセクションを参照)
- MFR_ADC_CONTROLにより、1パラメータの高速ADCサンプリング(8ms)に対応(詳細についてはPMBusコマンドを参照)
- VOUT0/1の両方のチャンネルに対する完全差動出力検出。両方とも5.5Vまでプログラム可能
- EXT V_{CC} によるEEPROMの起動とプログラム
- 入力電圧: 最大20V
- デュアル・ダイオードによる温度検出
- SYNC競合回路(詳細については、スイッチング周波数と位相のセクションを参照)
- 障害ログ
- プログラム可能な出力電圧
- 入力電圧のオンとオフの閾値電圧をプログラム可能
- 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閾値電圧
- 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ち上がり／立ち下がり時間

- 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
 - 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
 - 内部設定を保護する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。
- 内部コントローラの温度
 - 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
 - V_{IN} からの平均チップ入力電流
 - 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。

障害報告およびシャットダウン動作は完全に設定可能です。2つの個別出力FAULT0、FAULT1を備えており、どちらも個別にマスクをかけることができます。ALERT、PGOOD0/1機能に対応する3つの専用ピンを備えています。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(ヒカップ)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

動作

- 入力の高電圧／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

メイン制御ループ

LTC7132は固定周波数、電流モードの降圧コントローラで、ユーザ定義の相対位相で動作する2つのチャンネルを内蔵しています。通常動作中、上側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、各エラー・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}^+ と V_{SENSE}^- の間の差動電圧を5.5で割った値($MFR_PWM_MODE[1] = 1$ の場合は2.75)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～1.024Vです。出力電圧は、EAの帰還によってDAC出力の5.5倍(または2.75倍)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で設定するか、(EEPROMまたはPMBusコマンドに基づく)PMBus V_{OUT} コマンドによって設定します。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 $V_{OUT_COMMAND}$ は、デバイスが動作しているときはいつでも実行できます。このコマンドの遅延時間は、通常10ms未満です。PMBus Power System Management Protocol Specificationを参照して、LTC7132のプログラム方法を理解することをお勧めします。

基本動作の説明を続けると、電流モード・コントローラは、ピーク電流に達すると上側のゲートをオフします。負荷電流が増えると、検出電圧は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。上側MOSFETがオフした後に、下側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、下側MOSFETはオンのままです。

EEPROM

LTC7132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(不揮発性メモリ)を内蔵しています。EEPROMの書換え回数、データ保持期間、一括書込み動作時間は、電気的特性と絶対最大定格のセクションに規定されています。 $T_J = 85^\circ\text{C}$ を超える温度での書込み動作は可能ですが、電気的特性は確認されておらず、EEPROMは劣化します。読出し動作を $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の温度範囲内で行えば、EEPROMは劣化しません。 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します。障害ログ機能は、高温で発生する場合があるシステム問題のデバッグに役立ちますが、書込み先が障害ログのEEPROM領域に限定されます。これらのレジスタへの不定期の書込みが 85°C より高い温度で行われた場合、障害ログのデータ保持特性はわずかに劣化しますが、それによってこの機能の有用性がなくなることはありません。

ダイ温度が 85°C より高い場合は、EEPROMに書き込まないことを推奨します。ダイ温度が 130°C を超えると、LTC7132は全てのEEPROM書込み動作を停止します。ダイ温度が 125°C より低くなると、EEPROMの全ての書込み動作が再び可能になります(ダイ温度が内部過熱障害制限値の 160°C (10°C のヒステリシスあり)を超えると、コントローラはやはりスイッチングを全て停止します)。

125°C を超える温度でのEEPROMのデータ保持特性の劣化は、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

$K = 8.617 \cdot 10^{-5} \text{ eV}^\circ\text{K}$

$T_{USE} = 125^\circ\text{C}$ の規定ジャンクション温度

動作

T_{STRESS} = 実際のジャンクション温度 (°C)

例: 135°C のジャンクション温度で 10 時間動作させた場合のデータ保持期間への影響を計算します。

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

$$T_{\text{USE}} = 125^{\circ}\text{C},$$

$$AF = e^{((1.4/8.617 \cdot 10^{-5}) \cdot (1/398 - 1/403))} = 16.6$$

125°C での等価動作時間 = 16.6 時間。

したがって、EEPROM の全データ保持期間は、130°C のジャンクション温度で 10 時間動作させた場合、16.6 時間劣化したことになります。ただし、EEPROM の全データ保持期間定格は 125°C の最大ジャンクション温度のとき 87,600 時間であり、この値と比較すると、オーバーストレスの影響は無視できます。

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、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 の場合にのみ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ィスエーブル状態のままになります。バルク EEPROM のプログラミングなど、LTC7132 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。

電源の投入と初期化

LTC7132 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。このデバイスは 1 つの入力電源 (4.5V ~ 20V) で動作しますが、3 つの内蔵リニア電圧レギュレータが内部の 2.5V、3.3V、および 5.5V を生成します。 V_{IN} が 6V を超えることがなく、EXTV_{CC} ピンが外部電源によって駆動されない場合は、INTV_{CC} ピンと SV_{IN} ピンを互いに接続する必要があります。コントローラの設定は内部閾値ベースの

UVLO によって初期化されます。ここでは SV_{IN} を約 4V にする必要があります、5.5V、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。電源の他に、PMBus RESTORE_USER_ALL コマンドまたは MFR_RESET コマンドもデバイスを初期化できます。

EXTV_{CC} ピンを外部レギュレータで駆動することにより、 V_{IN} が高いときに回路の効率を向上して LTC7132 での電力損失を最小限に抑えます。INTV_{CC} LDO が EXTV_{CC} ピンからの電力によって動作するには、EXTV_{CC} ピンの電圧が約 4.8V を超える必要があります、SV_{IN} の電圧が 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・レギュレータから電力を供給できます。

初期化時には、外付けの設定抵抗が識別され、NVM の内容がコントローラのコマンドに読み込まれます。RUN_n、FAULT_n、および PGOOD_n はローに維持されます。LTC7132 は表 12 ~ 15 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 NVM 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。

設定抵抗を挿入しなかった場合、または RCONFIG 無視ビット (MFR_CONFIG_ALL 構成コマンドのビット 6) をアサートした場合、LTC7132 は NVM の内容だけを使用して DC/DC 特性を決定します。こ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 ASELO/1 の値は常に有効です。ASELO/1 は、検出された閾値に基づいて MSB と LSB を設定します。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。

デバイスの初期化が完了すると、別のコンパレータが SV_{IN} 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、SVIN_ON の閾値を超える必要があります。SV_{IN} 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 70ms かかります。電圧と電流の読出しには、更に 0ms ~ 90ms かかることがあります。

ソフトスタート

後述する起動シーケンス制御の方式は時間ベースです。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 LTC7132 によって解放されるのは、

動作

デバイスが初期化され、 SV_{IN} が $SVIN_ON$ の閾値より高くなった後です。1つのアプリケーションに複数のLTC7132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 SV_{IN} が $SVIN_ON$ 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_{IN} の印加後、デバイスの初期化が完了するまで、SHARE_CLKピンはローに保持されます。SHARE_CLKがロー (MFR_CHAN_CONFIGのビット2を1に設定) の場合は、LTC7132をオフに(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、アナログ・デバイスサイズの多数の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ピンを全て互いに接続するだけでなく、それぞれのSHARE_CLKピンも全て互いに接続して、10k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、LTC7132は単調な初期ランプまたは「ソフトスタート」を実行します。ソフトスタートは、負荷電圧を能動的に安定化しつつ、目的の電圧を0V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。(電源の投入と初期化後に) LTC7132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。LTC7132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。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、時間制限がなくなってデバイスはTON_RISEの経過後に目的の導通モードに遷移し、 V_{OUT} は $VOUT_UV_FAULT_LIMIT$ を超え、 $IOUT_OC$ はなくなります。ただし、TON_MAX_FAULT_LIMITの値を0に設定することは推奨しません。

時間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。各出力がイネーブルされるのは、RUN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_{IN} が事前設定電圧より高くなってから、TON_DELAY 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ピンがローになると、LTC7132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。LTC7132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を使用します。最大許容値は65.52秒です。

電圧ベースのシーケンス制御

シーケンスは電圧ベースにすることもできます。図3に示すように、各出力のUV 閾値を超えると、 $PGOOD_n$ ピンがアサートされます。あるLTC7132の $PGOOD$ ピンから、シーケンスの次のLTC7132のRUNピンに、特に複数のLTC7132にまたがって電力を供給することができます。 $PGOOD_n$ は60 μ sのフィルタを内蔵しています。 V_{OUT} の電圧がUV 閾値の近辺で長時間にわたって揺れ動く場合は、 $PGOOD_n$ 出力が複数回切り替わる可能性があります。この問題を最小限に抑えるには、TON_RISEの時間を100msより短い値に設定します。

Voltage-Based Sequencing by Cascading PGs Into RUN Pins

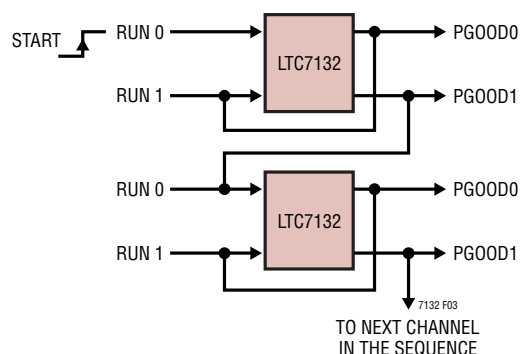


図3. イベント(電圧)ベースのシーケンス制御

動作

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

LTC7132は2つのシャットダウン・モードに対応します。最初のモードはクロズドループのシャットダウン応答で、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TOFF_FALLの間この動作モードを維持します。2番目のモードは不連続導通モードで、コントローラは負荷から電流を流さなくなり、立下がり時間はTOFF_FALLではなく、出力容量と負荷電流によって設定されます。

シャットダウンは以下の状況になると発生します。それは、障害状態、SHARE_CLKが失われた場合(MFR_CHAN_CONFIGのビット2を1に設定した場合)、SV_{IN}がVIN_OFF閾値より低くなった場合、またはFAULTを外部からローにした場合(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、パワー段がディ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またはアクティブなレギュレーション状態から入ることも、手動操作によって入ることもあります。

障害に応答する方法は2つあり、それは再試行モードとラッチオフ・モードです。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。出力がディ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。また、ラッチオフ・モードは、障害発生後コントローラがラッチオフ状態のままであることを意味し、これを解除するにはRUN_n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

LTC7132には、次の2つの動作モードがあります。それは、高効率の不連続導通モードと強制連続導通モードです。モード選択はMFR_PWM_MODE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の出力I_{REV}が外付けMOSFETの下側ゲートをオフし、インダクタ電流が反転して負になるのを防ぎます。

強制連続動作では、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を反転できます。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モード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、オーディオ回路との干渉が少なく済みますが、逆方向のインダクタ電流が発生して、これが入力電源電圧を上昇させる原因になることがあります。VIN_OV_FAULT_LIMITはこれを検出して、障害の原因となるチャンネルをオフにすることができます。ただし、この障害はADCの読出しに基づいており、検出するのに最大でt_{CONVERT}の時間がかかります。入力電源の昇圧について懸念がある場合は、デバイスを不連続導通モードで維持します。

デバイスが不連続モード動作に設定されている場合は、インダクタの平均電流が増加するにつれて、コントローラは動作を不連続モードから連続モードに自動的に変更します。

スイッチング周波数と位相

PWMのスイッチング周波数は、内部発振器または外部タイム・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に概要を示すように、PMBusコマンド、NVM設定、または外付け設定抵抗によって他の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、LTC7132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

動作

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。ただし、クロック・マスタとしてプログラムされている複数のLTC7132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。

LTC7132は、SYNCの外部周波数がSYNCの設定周波数の80%より高い限り、SYNCの外部入力に自動的に戻り、デバイス自体のSYNCをディスエーブルします。SYNCの外部入力のデューティ・サイクルは、20%～80%の範囲になります。

LTC7132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コマンドをLTC7132に書き込むには、その前に両方のチャンネルをオフに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ので、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LTC7132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。

PWMループ補償

LTC7132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。

LTC7132 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。これら2つのループ補償パラメータは、デバイスの動作中にプログラムできます。詳細については、[アプリケーション情報の](#)セクションに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。

出力電圧の検出

LTC7132は両方のチャンネルに差動アンプを内蔵しており、 $V_{SENSEn+}$ ピンと $V_{SENSEn-}$ ピンの間の負荷電圧をリモート検出することができます。また、遠隔測定ADCも完全差動であり、 $V_{SENSEn+}$ ピンと $V_{SENSEn-}$ ピンの間をそれぞれ測定します。両チャンネルの最大許容検出電圧は5.5Vです。

INTV_{CC}/EXTV_{CC} 電源

上側と下側のMOSFETドライバおよび大半の内部回路への電源は、INTV_{CC}ピンから供給されます。EXTV_{CC}ピンをGNDに短絡するか4.7Vより低い電圧に接続すると、内部の5.5Vリニア電圧レギュレータがINTV_{CC}の電力を SV_{IN} から供給します。EXTV_{CC}が4.7Vより高く、 SV_{IN} が7.0Vより高い場合は、5.5Vレギュレータがオフして内部スイッチがオンし、EXTV_{CC}をINTV_{CC}に接続します。EXTV_{CC}を使用すると、スイッチング・レギュレータ出力など効率の高い外部電源からINTV_{CC}の電力を得ることができます。

EXTV_{CC}は、 V_{IN} が供給されていない場合でも、内部の3.3Vリニア電圧レギュレータに電力を供給できます。このため、主電源が投入されていない場合でも、LTC7132を初期化してプログラムすることができます。

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_B 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、通常はそれぞれのオフ・サイクル中に外部ダイオードを通じて再充電されます。入力電圧 V_{IN} が V_{OUT} に近い電圧まで低下すると、ループがドロップアウト状態に入り、上側のMOSFETを連続してオンしようとすることがあります。ドロップアウト検出器はこれを検出し、 C_B が再充電できるように上側MOSFETを3サイクルに1回、クロック周期の約1/12に100nsを加えた時間だけオフさせます。ただし、ドロップアウト遷移時には、負荷を接続するかICが低周波で動作するようにして、 C_B を確実に再充電することを推奨します。

動作

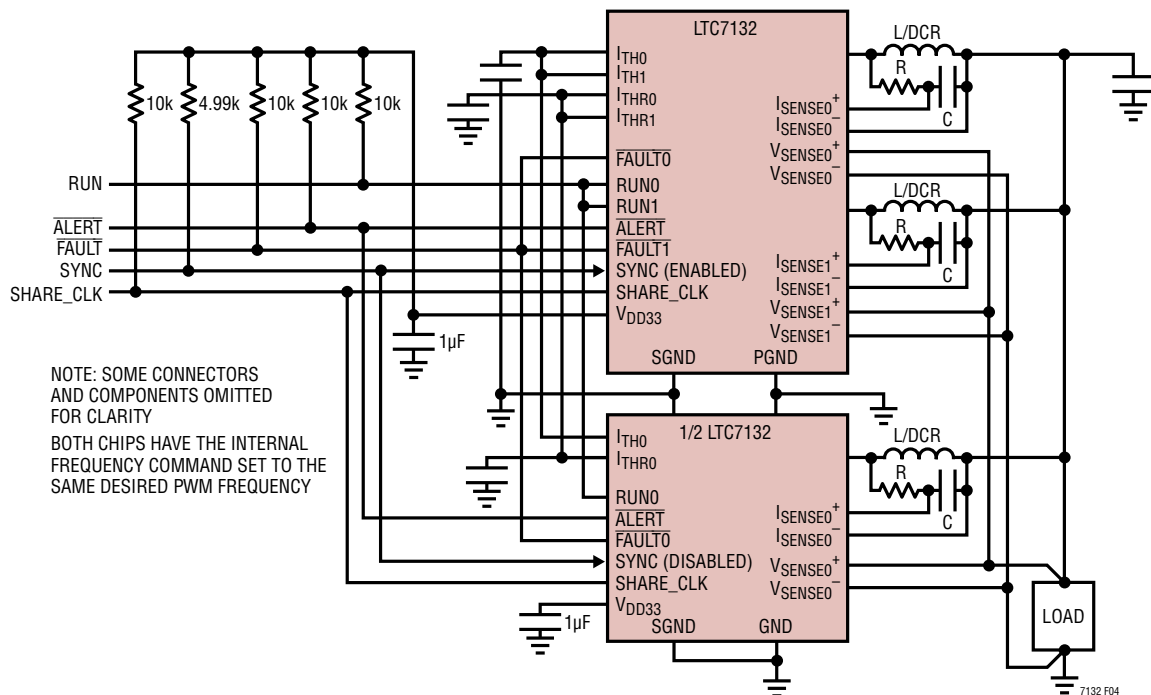


図 4.3 相動作に対応した負荷分担接続

出力電流の検出と1mΩ未満のDCRによる電流検出

DCR 電流検出アプリケーションでは、インダクタの両端に抵抗とコンデンサを直列に接続します。この構成では、図4に示すように、インダクタのSW側に抵抗を接続するのに対して、インダクタの負荷側にコンデンサを接続します。RC 時定数がインダクタの時定数 (L/DCR 、DCR はインダクタの直列抵抗) と一致するように R と C の値を選択すると、結果としてコンデンサの両端に現れる電圧はインダクタの直列抵抗両端の電圧 (V_{DCR}) と等しくなるので、インダクタを流れる電流が分かります。この通常の電流検出に加えて、LTC7132 は独自のアーキテクチャを採用して S/N 比を 14dB 向上しており、(0.2mΩ など) 値が 1mΩ 未満のインダクタ DCR によって (わずか 2mV の) 小さな検出信号で動作することができるので、 $V_{OUT} \leq 3.5V$ のとき重負荷アプリケーションの電力効率を向上できます。図4に示すように、デバイスの外部で新しいアーキテクチャに必要なのは、R を 4/5 低減する (つまり $R_{LOWDCR} = 1/5 R_{nomdcr}$ にする) ことだけです。優れた S/N 比によって、わずか 2mV の検出信号で出力でのジッタを低減できます。DCR を小さくすると、重いシステム負荷での電力

効率が向上します。したがって、新しい DCR 検出方式により、より大電力でノイズの影響を受けやすいシステムに対する万全の解決策が得られます。一方、電源制限の閾値は引き続きインダクタのピーク電流と DCR 値の関数であり、MFR_PWM_MODE[2]、MFR_PWM_MODE[7] を使用して正確に設定できます。図26を参照してください。

RC の計算は、室温でのインダクタの DCR に基づいています。RC 時定数は、温度の関数として一定に維持されるようにします。これにより、回路の過渡応答は、温度にかかわらず同じになります。インダクタの DCR の温度係数は大きく、約 3900ppm/°C です。インダクタの温度係数は MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC レジスタに書き込む必要があります。外部温度はインダクタの近くで検出し、内部電流制限回路を調整して温度による実質的な定電流制限を維持するために使用します。このアプリケーションでは、 I_{SENSEn}^{+} ピンを DCR 検出フィルタ・コンデンサの FET 側に接続するのに対して、 I_{SENSEn}^{-} ピンはコンデンサの負荷側に配置します。入力で検出された電流は、その後、式 V_{DCR}/DCR によって与えられます。 V_{DCR} は、入力電圧範囲が $\pm 128mV$ 、ノイズ・フロアが

動作

7 μ V_{RMS}、ピークtoピーク・ノイズが約46.5 μ VであるLTC7132の遠隔測定ADCによってデジタル化されます。LTC7132は、IOUT_CAL_GAINコマンドに格納されたDCRの値とMFR_IOUT_CAL_GAIN_TCコマンドに格納された温度係数を使用してインダクタ電流を計算します。得られる電流値はREAD_IOUTコマンドによって返されます。

入力電流の検出

LTC7132とパワー段によって消費される全入力電流を検出するため、入力電源電圧とPV_{IN}ピンの間に1本の抵抗を配置しています。I_{IN}⁺ピンとI_{IN}⁻ピンを検出抵抗に接続します。フィルタ処理された電圧は内部の高電位側電流検出アンプによって増幅され、LTC7132の遠隔測定ADCによってデジタル化されます。入力電流検出アンプには3つのゲイン設定値(2倍、4倍、8倍)があり、MFR_PWM_CONFIGコマンドのビット[6:5]によって設定されます。3つのゲイン設定の最大入力検出電圧は、それぞれ50mV、20mV、5mVです。LTC7132は、IIN_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。結果として得られるパワー段の測定電流は、READ_IINコマンドによって返されます。

LTC7132は、RVIN抵抗を使用して、LTC7132が消費するV_{IN}ピンの電源電流を測定します。この値はMFR_READ_ICHIPコマンドによって返されます。デバイスの電流は、MFR_RVINコマンドに格納されたRの値を使用して計算します。詳細については、[アプリケーション情報](#)のセクションに記載されている入力電流検出アンプという表題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

必要なピンをバスに接続することにより、複数のLTC7132を並べて、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4](#)に、負荷分担に必要な共有接続を示します。

外部発振器を接続しない場合は、いずれか1つのLTC7132だけSYNCピンをイネーブルします。それ以外のデバイスについては、MFR_CONFIG_ALLのビット4を使用して、SYNCをディスエーブルするようプログラムします。外部発振器を接続している場合は、SYNCピンをイネーブルにしたデバイスが外部クロックの存在を検出して、その出力をディスエーブルします。

複数のチップでは、全てのV_{SENSE}⁺ピン、全てのV_{SENSE}⁻ピンを互いに接続し、更にI_{THR}とI_{TH}も同様に相互接続する必要があります。

PolyPhaseアプリケーション以外では、MFR_PWM_CONFIGのビット[5]をアサートしないでください。

外部温度／内部温度の検出

外部温度は、離れた場所にある、MMBT3906のようなダイオード接続のPNPトランジスタを使用して測定するのが最善です。エミッタはTSNSピンに接続するのに対して、PNPトランジスタのベース端子とコレクタ端子はLTC7132のSGND

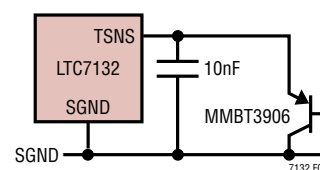


図5. 温度検出回路

ピンに直接接続します。2種類の異なる電流(公称2 μ Aおよび32 μ A)をダイオードに流して、内蔵の16ビット・モニタADCによる ΔV_{BE} 測定から温度を計算します([図5](#)を参照)。

また、LTC7132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 ΔV_{BE} 法と同様な精度の結果は得られませんが、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LTC7132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、内蔵ダイオードを使用し、 ΔV_{BE} の測定および計算を行って、LTC7132の内部ジャンクション温度を返します。

動作

外部温度センサーの勾配は、MFR_TEMP_1_GAINに格納されている温度勾配係数により変更できます。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のこのコマンドでの推奨値は、理想係数1.01に基づいて概算で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。外部温度検出のオフセットは、MFR_TEMP_1_OFFSETによって調整できます。このレジスタの値を0にすると、温度のオフセットは-273.15°Cに設定されます。

PNPをインダクタと直接接続するよう配置できない場合は、勾配またはオフセットを増やして温度のずれを考慮に入れることができます。勾配を調整する場合、交点は絶対零度(-273.15°C)であるため、勾配のわずかな調整によって見かけの測定温度が大幅に変化する可能性があります。温度項の勾配を意図的に大きくするもう1つの方法は、MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC項を大きくすることです。こうすると、室温を基準にして温度勾配を変更できます。

RCONFIG(抵抗設定)ピン

V_{DD25}とSGND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、V_{OUT0_CFG}、V_{OUT1_CFG}、PHASE_CFGです。これらの抵抗分圧器の推奨値の詳細については、表3、4、5、および6を参照してください。ピンがフロート状態の場合は、対応するNVMコマンドに格納された値を使用します。MFR_CONFIG_ALL設定コマンドのビット6がNVMでアサートされると、抵抗入力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、電源投入リセット時か、MFR_RESETコマンドやRESTORE_USER_ALLコマンドの実行後だけです。

V_{OUTn_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、LTC7132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NVMから読み出して出力電圧を決定します。デフォルトの設定では、電圧設定ピンが装備されていない限りスイッチャをオフにします。

RCONFIG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%

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、PHASE_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、同じ周波数に設定され、調整されている場合でも、設計どおりの位相では動作しません。これにより、出力のリプル電圧が増加して、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、1ピンの設定については、表6で説明しています。ASEL1は、LTC7132のスレーブ・アドレスの上位3ビットを選択します。ASEL0は、LTC7132のスレーブ・アドレスの下位4ビットを選択します。ASEL1がフロート状態の場合、上位3ビットはNVMのMFR_ADDRESSコマンドにより読み出されます。ASEL0がフロート状態の場合、スレーブ・アドレスの下位4ビットは、NVMの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。

動作

注記：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。

障害の検出と処理

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
- 入力の平均OC 警告
- 出力OV/UV 障害および警告の保護
- 出力OC 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
- 外部低温障害および警告保護
- 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

更に、LTC7132は、FAULT_n応答の伝搬コマンドであるMFR_FAULT_PROPAGATEを使用して、障害インジケータの任意の組み合わせをそれぞれのFAULT_nピンに対応付けることができます。FAULT_nピンは、外部クローバ・デバイスのドライバ、過熱アラート、過電圧アラートとして使用するか、マイクロコントローラが障害コマンドに対してポーリングを開始する引き金となる割込みとして使用するのが一般的です。あるいは、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ピンは必ずローにアサートされます。このピンは、CLEAR_FAULTS コマンドが発行される、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を介してデバイスのオフ/オンがコマンドで指定される、ARA コマンド動作が実行される、といったことが完

了するまではローにアサートされたままになります。MFR_FAULT_PROPAGATE コマンドは、障害が検出されたときにFAULTピンをローにするかどうかを判別します。

出力と入力の障害イベント処理は、表7～12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回復は、自律型とラッチ型のいずれかになります。自律型の回復では障害がラッチされないの、再試行の実行後は障害が存在しなくなり、新しいソフトスタートが試行されます。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6は、PMBus コマンドによってアクセス可能なLTC7132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の最上位ニブルのうちの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。いったん設定されると、以下のいずれかが行われるまで、ALERTはローのままです。

- CLEAR_FAULTS コマンドまたはMFR_RESET コマンドが発行される
- 関連のステータス・ビットに1が書き込まれる
- 障害発生チャンネルをオフにしてからオンに戻すコマンドが適切に実行される
- PMBusのARAの間にLTC7132がそのアドレスを正常に送信する
- バイアス電源を入れ直す

動作

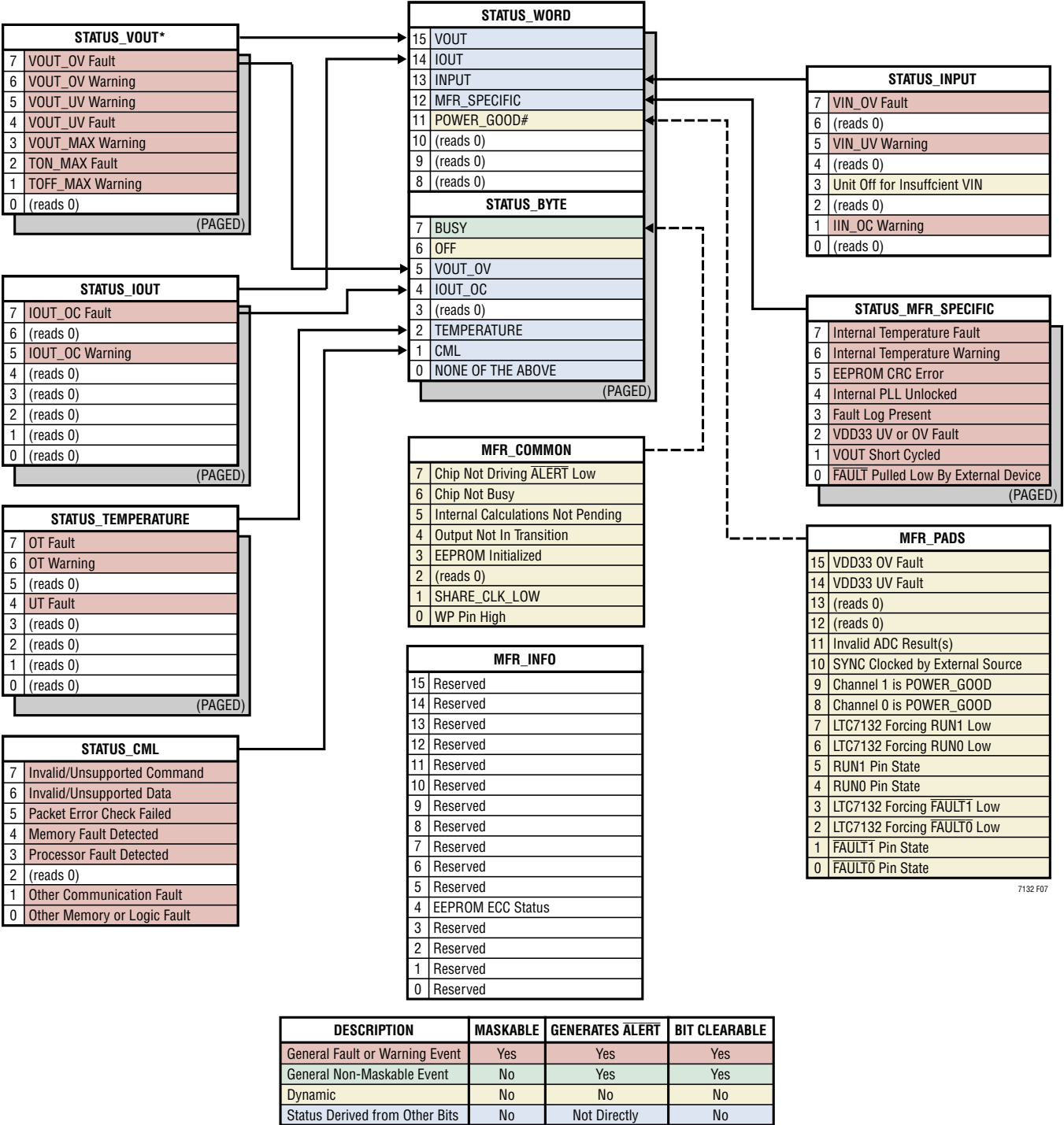


図 6. LTC7132 ステータス・レジスタの概要

動作

一部の例外を除き、SMBALERT_MASK コマンドを使用して、LTC7132がこれらのレジスタの複数のビットに対してビット単位で $\overline{\text{ALERT}}$ をアサートしないようにすることができます。これらのマスク設定は、ステータス・ビット自体と同じ方法で STATUS_WORD および STATUS_BYTE まで進められます。例えば、チャンネル0の STATUS_VOUT の全てのビットに対して $\overline{\text{ALERT}}$ がマスクされると、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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 $\overline{\text{ALERT}}$ をローにアサートし、マスクすることはできません。このビットは PMBus 通信との様々な内部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。

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 $\overline{\text{ALERT}}$ 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 $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

FAULT ピンへの障害情報のマッピング

(複数の LTC7132 のチャンネルを含む) チャンネル間の障害依存関係は、FAULT_n ピンを互いに接続すれば作成できます。内部障害が発生した場合は、バスに接続されている FAULT_n ピンがローになるように1つまたは複数のチャンネルが設定されます。その後、FAULT_n ピンがローになると、他のチャンネル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、障害発生チャンネルが FAULT_n ピン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、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くと、該当チャンネルに関連した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 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。

その他の障害検出機能と処理機能は以下のとおりです。

パワーグッド・ピン

LTC7132 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場合は、MOSFET がオンして PGOOD_n ピンをローにします。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 60μs 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 10μs の通信遅延が原因で異なる場合があります。

CRC 保護

NVM メモリの完全性は、パワーオン・リセット後に検査されます。CRC エラーがあると、コントローラは非アクティブ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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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、NVM の修復を試みることができます。

LTC7132 を製造する際、NVM はミラーリングができるように配置されます。コピーが両方とも壊れた場合は、STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドで「NVM CRC Fault」を設定します。CLEAR_FAULTS を発行するかこのビットに1を書き込むことでビットをクリアした後に、ビットが設定されたままの場合は、回復不能な内部障害が発生しています。この特定のデバイスに関連した両方の出力電源レールをディスエーブルするよう警告されます。製造中に発生した NVM 障害を現場で修復することは想定していません。

シリアル・インターフェース

LTC7132 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

動作

波数で動作できます。アドレスはNVM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、LTC7132はグローバル・ブロードキャスト・アドレスである0x5A(7ビット)または0x5B(7ビット)に必ず応答します。

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。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 コマンドのPEC_REQUIRED ビットを設定した場合は、LTC7132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 が有効な場合)、サポート外のコマンドへのアクセス試行、またはサポート対象のコマンドへの無効なデータ書込みがあると、CML 障害が発生します。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

LTC7132のPMBusインターフェースを介したアドレス指定には、次の5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LTC7132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。LTC7132のグローバル・アドレスは、固定された0x5A(7ビット)または0xB4(8ビット)であり、無効化することはできません。グローバル・アドレスに送信されたコマンドは、PAGEの値を0xFFに設定した場合と同じ動作になります。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)または0xB6(8ビット)はページ化され、バス上にある全てのLTC7132デバイスのチャンネル固有のコマンドが可能です。アナログ・デバイスズの他のデバイス・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す。グローバル・アドレスからの読出しは決して行わないでください。

デバイスのアドレス指定は、PMBus マスタがLTC7132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。このアドレス指定方法を使用した場合は、作用を受けるチャンネルがPAGE コマンドによって決まります。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。

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。また、レール・アドレスからの読出しは決して行わないでください。

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LTC7132デバイスへの通信は、書込み動作を実行するコマンドに限定してください。

V_{OUT}とI_{IN}/I_{OUT}の障害に対する応答

V_{OUT}のOV状態とUV状態はコンパレータによってモニタされます。OVとUVのリミットは以下の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NVMで設定する
- PMBus コマンドによって設定する

I_{IN}およびI_{OUT}の過電流モニタは、ADCの読出しと計算によって実行します。したがって、これらの値は平均電流に基づいており、最大t_{CONVERT}の遅延時間が生じることがあります。I_{OUT}の計算には、DCRまたは検出抵抗とその温度係数を考慮に入れます。入力電流は、R_{IINSENS}抵抗の両端で測定した電圧を、MFR_IIN_CAL_GAIN コマンドで設定した抵抗値で割った値に等しくなります。この入力電流計算値がIN_OC_WARN_LIMITを超えると、ALERT ピンがローになり、STATUS_INPUT コマンドのIIN_OC_WARN ビットがアサートされます。

LTC7132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機能(ヒカップ)を備えています。再試行間隔はMFR_RETRY_DELAYで設定され、

動作

120ms～83.88秒まで1ms刻みで設定できます。OV/UVおよびOC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。そのような場合には、上側MOSFETがオフになり、下側MOSFETがオンします。ただし、デバイスがOV障害になっているときは、逆方向の出力電流をモニタします。電流がリミットに達すると、上側と下側の両方のMOSFETがオフになります。上側と下側のMOSFETは、PMBusのVOUT_OV_FAULT_RESPONSEコマンドのバイト値に関係なく、過電圧状態が解消されるまで元の状態を維持します。このハードウェア・レベルの障害応答遅延時間は、過電圧状態からBG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。

- OVプルダウンのみ(OVは無視できない)
- 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

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で無期限に再試行

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。

ピーク出力過電流障害の応答

電流モード制御アルゴリズムにより、インダクタ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、電気的特性の表で規定されています。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。LTC7132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。

過電流障害処理回路は以下の動作を実行できます。

- 電流を無期限に制限
- 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

過電流応答のグリッチは(0～7)・16ms刻みで除去できます。表9を参照してください。

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SOFT_STARTシーケンスを経ているので、TON_MAX_FAULT_LIMITの条件はVOUT_UV_FAULT_LIMITの検出を前提にしています。TON_MAX_FAULT_LIMITの時間が始まるのは、TON_DELAYに達してSOFT_STARTシーケンスが始まった後です。TON_MAX_FAULT_LIMITの分解能は10μsです。TON_MAX_FAULT_LIMITの時間以内にVOUT_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。TON_MAX_FAULT_LIMITは常に0以外の値に設定することを推奨します。さもないと、出力電圧が上昇しない場合があり、何のフラグも設定されなくなります。表11を参照してください。

動作

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までに自然に除去されます。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で無期限に再試行

表11を参照してください。

OT/UT 障害に対する応答

内部過熱障害の応答

内部温度センサーはNVMを損傷から保護します。85°Cより高い場合、NVMへの書込みは推奨しません。130°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NVMをディスエーブルして、温度が125°Cに低下するまで再イネーブルしません。ダイ温度が160°Cを超えると、内部の温度障害応答が有効になり、ダイ温度が150°C未満に低下するまでPWMは無効になります。温度はADCにより測定されます。内部温度障害は無視できません。内部温度リミットは調整できません。表10を参照してください。

外部過熱障害および低温障害の応答

2つの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。外付けの検出素子を使用しない場合(非推奨)は、UT_FAULT_RESPONSEを無視するように設定し、UT_FAULT_LIMITを-275°Cに設定します。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で無期限に再試行

表9を参照してください。

入力過電流障害および出力低電流障害に対する応答

入力過電流および出力低電流は、ADCを使用して測定します。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で無期限に再試行

表11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、STATUS_WORDコマンドのOTHER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、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンはローになります。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

LTC7132は障害ログ機能を備えています。データは表13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NVM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NVM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。

LTC7132は、起動するか、そのリセット状態を抜けると、NVMを検査して有効な障害ログの有無を確認します。NVMに有効な障害ログが存在する場合は、STATUS_

動作

MFR_SPECIFIC コマンドの「Valid Fault Log」ビットが設定され、ALERT イベントが生成されます。また、LTC7132 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。

いずれかのチャンネルのコントローラをディセーブルする障害が発生すると、情報はEEPROMに格納されます。FAULT_n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、LTC7132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、LTC7132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。

LTC7132では、ブロック読出しデータ・パケットに対してPMBusタイムアウトを長くすることができます。このタイムアウトはブロック読出しの長さに比例します。ブロック読出しの追加のタイムアウトは、主にMFR_FAULT_LOGコマンドに適用します。タイムアウトの時間は、デフォルトでは32msです。

シリアル・バス・インターフェースを共有する全てのデバイス間の効率的なデータ・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。LTC7132は、PMBusの周波数範囲である10kHz～400kHzの全域をサポートしています。

PMBus、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。

LTC7132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 1.2』の第5節Transportを参照してください。

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

PMBus シリアル・デジタル・インターフェース

LTC7132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7)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。LTC7132はスレーブ・デバイスです。マスタは以下の形式でLTC7132と通信できます。

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

動作

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8～25に示します。全てのトランザクションはPECおよびGCP(グループ・コマンド・プロトコル)をサポートしています。ブロック読出しは、255バイトの戻りデータに対応しています。したがって、障害ログ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8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の下に示す値は、そのフィールドに対する必須の値です。

PMBusによって実装されるデータ・フォーマットは次のとおりです。

- マスタ・トランスミッタがスレーブ・レシーバーに送信する。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。
- 複合形式。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8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。

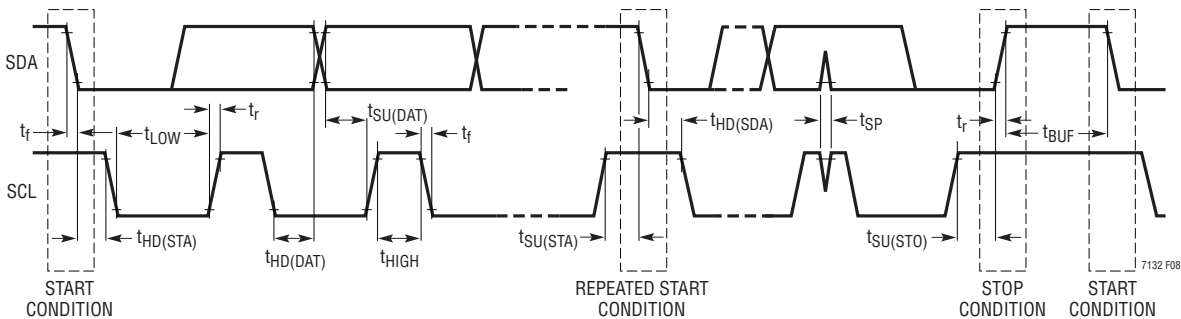


図7. タイミング図

表1. サポートされているデータ・フォーマットの略号

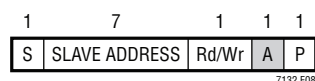
	PMBus		アナログ・デバイセズの用語	定義	例
	用語	仕様のリファレンス			
L11	Linear	Part II ¶7.1	Linear_5s_1s	浮動小数点16ビット・データ: 値 = $Y \cdot 2^N$ 、ここで $N = b[15:11]$ 、 $Y = b[10:0]$ 、どちらも2の補数形式の2進整数	$b[15:0] = 0x9807 = 10011_000_0000_0111$ 値 = $7 \cdot 2^{-13} = 854E-6$
L16	Linear VOUT_MODE	Part II ¶8.2	Linear_16u	浮動小数点16ビット・データ: 値 = $Y \cdot 2^{-12}$ 、ここで $Y = b[15:0]$ 、符号なし整数	$b[15:0] = 0x4C00 = 0100_1100_0000_0000$ 値 = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$
CF	DIRECT	Part II ¶7.2	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

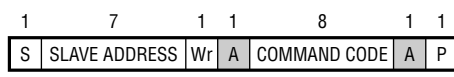
7132 F07

図 8. PMBus パケット・プロトコル図の凡例



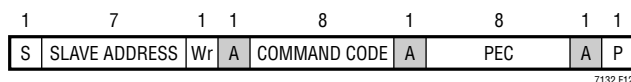
7132 F08

図 9. クイック・コマンド・プロトコル



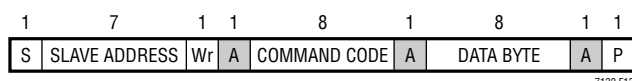
7132 F09

図 10. バイト送信プロトコル



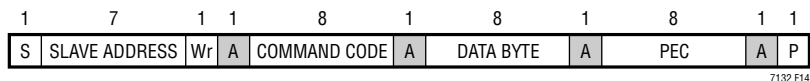
7132 F12

図 11. PEC 付きバイト送信プロトコル



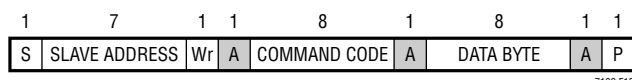
7132 F13

図 12. バイト書込みプロトコル



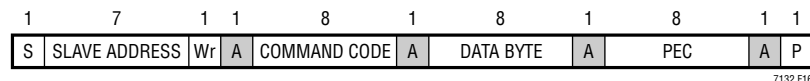
7132 F14

図 13. PEC 付きバイト書込みプロトコル



7132 F15

図 14. ワード書込みプロトコル



7132 F16

図 15. PEC 付きワード書込みプロトコル

動作

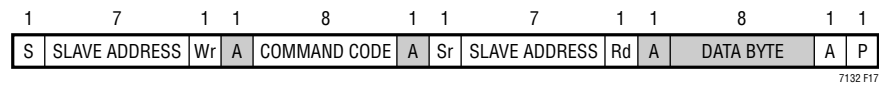


図 16. バイト読出しプロトコル

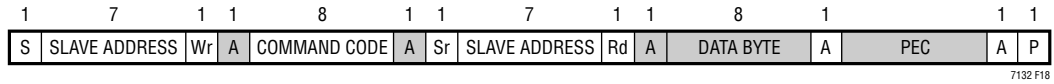


図 17. PEC 付きバイト読出しプロトコル

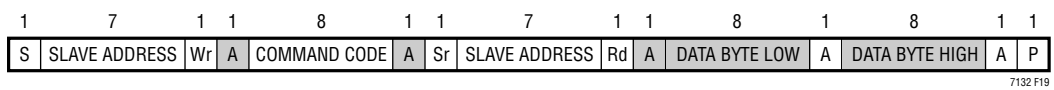


図 18. ワード読出しプロトコル

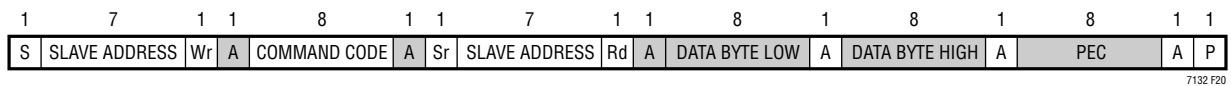


図 19. PEC 付きワード読出しプロトコル

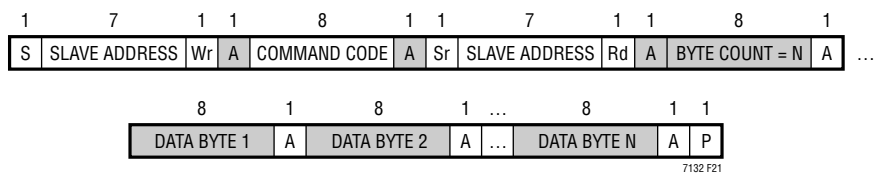


図 20. ブロック読出しプロトコル

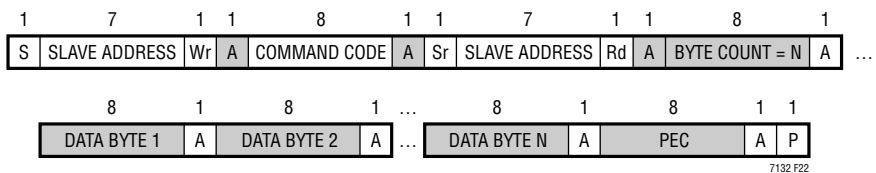


図 21. PEC 付きブロック読出しプロトコル

動作

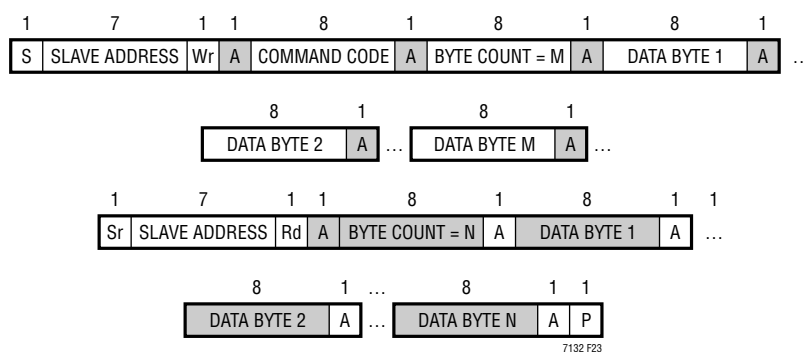


図 22. ブロック書き込み – ブロック読出しプロセス呼び出し

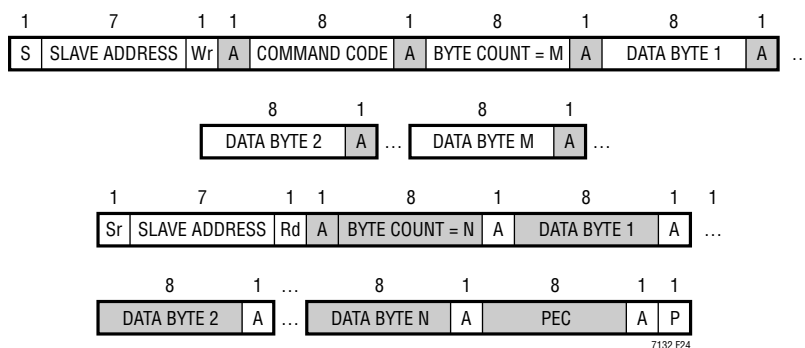


図 23. ブロック書き込み – PEC 付きブロック読出しプロセス呼び出し

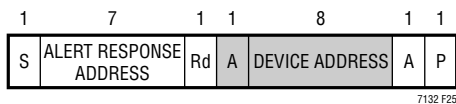


図 24. アラート応答アドレス・プロトコル

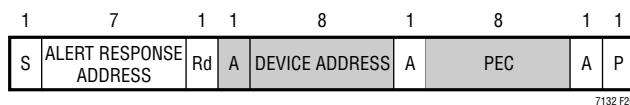


図 25. PEC 付きアラート応答アドレス・プロトコル

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 – Part II – Revision 1.2』に記載されています。この仕様を参照することを推奨します。例外またはメーカー固有の実装形態を下記の表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と、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 0x14 に基づいています。これは、言い換えると指数の 2⁻¹² 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 v1.2, 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 (注記: 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	NVM	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	68
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、マージン・ハイおよびマージン・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80	72
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	72
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	97
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					68
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					69
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	69
STORE_USER_ALL	0x15	動作メモリを EEPROM に格納します。	Send Byte	N				NA	108
RESTORE_USER_ALL	0x16	動作メモリを EEPROM から再生します。	Send Byte	N				NA	108
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	96
SMBALERT_MASK	0x1B	ALERT の動作をマスクします。	Block R/W	Y	Reg		Y	see CMD	97
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のフォーマットおよび指数 (2 ⁻¹²)。	R Byte	Y	Reg			2-12 0x14	77
VOUT_COMMAND	0x21	公称の出力電圧設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x1000	79
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	2.75 0x2C00	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	1.05 0x10CD	78
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	0.95 0x0F33	79

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値	ページ
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	85
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	425k 0xFB52	76
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	77
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	Y	L11	mΩ	Y	0.32 0xAA8F	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	1.1 0x119A	78
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8	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	1.075 0x1133	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	0.925 0x0ECD	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	0.9 0x0E66	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
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	出力過電流障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	45.0 0xE2D0	80
IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	0x47	出力過電流障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x00	90
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告のリミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	35.0 0xE230	81
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	83
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	92
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	84
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	92
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	15.5 0xD3E0	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	0x80	87
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_WARN_LIMIT	0x5D	入力電源の過電流警告のリミット。	R/W Word	N	L11	A	Y	10.0 0xD280	82
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	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	NVM	デフォルト値	ページ
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	84
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	85
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	90
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	85
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	86
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	99
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_IOUT	0x7B	出力電流の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA	100
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	100
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	101
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	101
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	102
READ_VIN	0x88	測定された入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA	104
READ_IIN	0x89	測定された入力電源電流。	R Word	N	L11	A		NA	104
READ_VOUT	0x8B	測定された出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA	104
READ_IOUT	0x8C	測定された出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA	105
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	外部温度センサーの温度。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	105
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	105
READ_FREQUENCY	0x95	測定された PWM スイッチング周波数。	R Word	Y	L11	Hz		NA	105
READ_POUT	0x96	測定された出力電力。	R Word	Y	L11	W		N/A	105
READ_PIN	0x97	計算による入力電力。	R Word	Y	L11	W		N/A	105
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	96
MFR_ID	0x99	LTC7132 のメーカー ID (ASCII)。	R String	N	ASC			LTC	96
MFR_MODEL	0x9A	メーカーの製品番号 (ASCII)。	R String	N	ASC			LTC7132	96
MFR_VOUT_MAX	0xA5	許容最大出力電圧。VOUT_OV_FAULT_LIMIT を含みます。	R Word	Y	L16	V		5.7 0x5B33	79
MFR_PIN_ACCURACY	0xAC	READ_PIN コマンドの精度を返します。	R Byte	N		%		5.0%	105

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値	ページ
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	95
USER_DATA_01	0xB1	メーカーによるLTpowerPlay用の予備。	R/W Word	Y	Reg		Y	NA	95
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	95
USER_DATA_03	0xB3	使用可能なNVMワード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000	95
USER_DATA_04	0xB4	使用可能なNVMワード。	R/W Word	N	Reg		Y	0x0000	95
MFR_INFO	0xB6	メーカー固有の情報。	R/W Word	N	Reg			NA	103
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	弊社にお問い合わせください。							112
MFR_EE_ERASE	0xBE	弊社にお問い合わせください。							112
MFR_EE_DATA	0xBF	弊社にお問い合わせください。							112
MFR_CHAN_CONFIG	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	0xD1	汎用の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x21	71
MFR_FAULT_PROPAGATE	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	93
MFR_PWM_COMP	0xD3	PWM ループ補償の設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xAE	74
MFR_PWM_MODE	0xD4	PWM エンジン用の設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC7	73
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	95
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	91
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	Y	L11	A		NA	106
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	106
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	LTC7132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	86
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	106
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	106
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_READ_IIN_PEAK	0xE1	最後のMFR_CLEAR_PEAKS以降でのREAD_IINコマンドの最大測定値。	R Word	N	L11	A		NA	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_READ_ICHIP	0xE4	LTC7132の電源電流測定値。	R Word	N	L11	A		NA	106
MFR_PADS	0xE5	I/Oパッドのデジタル・ステータス。	R Word	N	Reg			NA	102
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	70
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC7132とリビジョンを表すメーカー・コード。	R Word	N	Reg			0x4C0X 0x4CEX	96

PMBus コマンドの概要

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値	ページ
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	5.0 0xCA80	82
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAM から EEPROM への障害ログの転送を命令します。	Send Byte	N				NA	109
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	109
MFR_COMMON	0xEF	複数のアナログ・デバイス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA	103
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	電流コマンドの内容を NVM と比較します。	Send Byte	N				NA	108
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	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	75
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	電流検出素子の温度係数。	R/W Word	Y	CF	ppm/°C	Y	3900 0x0F3C	80
MFR_RVIN	0xF7	VIN ピンのフィルタ素子の抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	1000 0x03E8	77
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	83
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	83
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	70
MFR_REAL_TIME	0xFB	48 ビットの共有クロック・カウンタの値。	R Block	N	CF			NA	107
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	72

Note 1: NVM 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: LTC7132 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えないこと。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、アナログ・デバイセズ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。

PMBus コマンドの概要

*データ・フォーマット

L11	Linear_5s_11s	PMBus のデータ・フィールド b[15:0] 値 = $Y \cdot 2^N$ ここで、N = b[15:11] は 5 ビットの 2 の補数形式の整数、Y = b[10:0] は 11 ビットの 2 の補数形式の整数 例： b[15:0] = 0x9807 = 'b10011_000_0000_0111 の場合 値 = $7 \cdot 2^{-13} = 854 \cdot 10^{-6}$ 出典：『PMBus Spec Part II: Paragraph 7.1』
L16	Linear_16u	PMBus のデータ・フィールド b[15:0] 値 = $Y \cdot 2^N$ ここで、Y = b[15:0] は符号なしの整数、N = Vout_mode_parameter は 5 ビットの 2 の補数形式の指数で、10 進数の -12 に固定配線されている 例： b[15:0] = 0x9800 = 'b1001_1000_0000_0000 の場合 値 = $19456 \cdot 2^{-12} = 4.75$ 出典：『PMBus Spec Part II: Paragraph 8.2』
Reg	レジスタ	PMBus のデータ・フィールド b[15:0] または b[7:0]。 ビット・フィールドの意味は PMBus コマンドの詳細な記述で定義されている。
I16	整数ワード	PMBus のデータ・フィールド b[15:0] 値 = Y ここで、Y = b[15:0] は 16 ビット符号なしの整数 例： b[15:0] = 0x9807 = 'b1001_1000_0000_0111 の場合 値 = 38919 (10 進数)
CF	カスタム・フォーマット	値は PMBus コマンドの詳細な記述で定義されている。 多くの場合、MFR 固有の一定の倍率が掛けられる、符号なし整数または 2 の補数形式の整数である。
ASC	ASCII フォーマット	ISO/IEC 8859-1 規格に適合しているテキスト文字の可変長文字列。

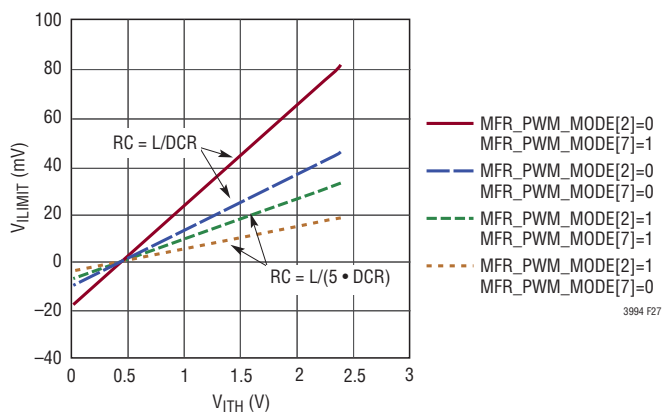
アプリケーション情報

最後のページの標準的応用例は、LTC7132の一般的なアプリケーション回路です。LTC7132は、 $0 \leq V_{OUT} \leq 3.5V$ のときに適用できるPMBusコマンドMFR_PWM_MODE[2] = 1により、主に低DCRアプリケーション向けに設計されていますが、 $0 \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ の場合にMFR_PWM_MODE[2] = 0を設定することにより、通常のDCRによる検出または通常の抵抗による検出を行うように設定することもできます。どれを選択するかは、主にコスト、消費電力、精度の間での設計上の兼ね合いで決まります。DCRによる検出は高価な電流検出抵抗を省くことができ、特に大電流のアプリケーションで電力効率が非常に高いので普及しつつあります。低DCRでは、最も電力効率の高いソリューションが得られ、入力検出電圧のS/N比が最も高くなります。電流の読出しと電流制限の精度は、通常はDCR抵抗の精度によって制限されます(LTC7132のIOUT_CAL_GAINパラメータにおける原因となります)。したがって、電流検出抵抗を使用すると、アプリケーションにとって最も高精度な電流検出および電流制限を実現できます。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。その後、入力と出力のコンデンサを選択します。安定したループ性能と信頼性を得るには、エラー・アンプのGM(MFR_PWM_COMP[7:5]でプログラム)やRTH(MFR_PWM_COMP[4:0]でプログラム)などのループ補償パラメータに加えて、電流制限範囲(MFR_PWM_MODEのビット[7]で設定)と電圧範囲(MFR_PWM_MODEのビット[1]で設定)を適切に選択する必要があります。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

I_{SENSE+}/I_{SENSE-} ピン間でのサイクルごとの電流制限閾値電圧(V_{ILIMIT})は、 V_{ITH} に比例します。 V_{ITH} の制限値は、PMBusコマンドIOUT_OC_FAULT_LIMITを使用して、1.45~2.2Vにプログラムできます。図26を参照してください。LTC7132には4種類の電流制限プログラミング範囲があります。MFR_PWM_MODE[2]、MFR_PWM_MODE[7]、およびIOUT_OC_FAULT_LIMITの値を適切に設定します。PMBusコマンドのセクションを参照してください。デバイスは、通常動作時はIOUT_OC_FAULT_LIMITの値より少ないピーク電流で出力電圧を安定化できます。その電流制

限值を超える出力電流の場合には、OC障害情報が発行されます。図26での各範囲はループ・ゲインに影響し、その後ループ安定性に影響するので、電流制限の範囲の設定はループ設計の一部になっています。

図26. V_{ITH} と V_{ILIMIT}

LTC7132をDCRによる検出に合わせて設定している場合、デバイスはインダクタのDCRを考慮に入れており、インダクタの温度変化に応じて電流制限値を自動的に更新します。DCRの温度係数は、MFR_IOUT_CAL_GAIN_TCレジスタに格納されます。MFR_PWM_MODE[2] = 1、MFR_PWM_MODE[7] = 0を設定した場合、DCRの非常に小さなインダクタまたは検出抵抗を使用でき、LTC7132の主要なアプリケーション用途である、ピーク出力が最大16.5mV/DCRの回路に対応できます。この動作はサイクル単位が基本であり、単にピーク・インダクタ電流の関数にすぎないことに注意してください。平均インダクタ電流はADCによってモニタされ、検出される平均出力電流が多すぎると警告を出すことができます。 I_{TH} の電圧が最大値に達すると、過電流障害が検出されます。LTC7132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機能(ヒカップ)を備えています。詳細については、動作のセクションに記載されている過電流の部分参照してください。

 I_{SENSE0} ピンと I_{SENSE1} 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~5.5Vです。SENSEピンは両方と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

アプリケーション情報

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。

$I_{SENSE}^{\pm}$ 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27を参照してください。ケルビン接続にできなかったり、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、パワー段階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28a)、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_{OUT} と I_{SENSE}^{-} の間に追加します。この抵抗と並列に $1\mu F$ 以上のコンデンサを配置します。

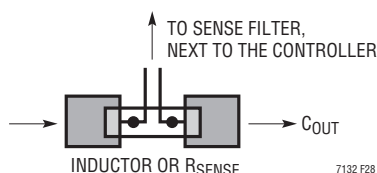


図27. インダクタのDCRによる検出ラインの配置

インダクタのDCRによる検出

DCRはインダクタの銅のDC巻線抵抗であり、大電流インダクタでは通常 $1m\Omega$ 未満です。大電流で低出力電圧のアプリケーションでは、DCRまたは検出抵抗が大きいと、導通損失によって電力効率が大幅に低下します。特定の出力条件では、望ましい最大検出電圧を満たすDCRのインダクタを選択し、以下に示す検出ピン・フィルタと出力インダクタ特性の関係を利用します。

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

RC検出フィルタの時定数は、次式で設定する必要があります。

$$RC = L/(5 \cdot DCR) \quad (MFR_PWM_MODE[2] = 1, \text{低DCRの場合})$$

$$RC = L/DCR \quad (MFR_PWM_MODE[2] = 0, \text{通常のDCRの場合})$$

ここで、

$V_{SENSE(MAX)}$: 所定の I_{TH} 電圧での最大検出電圧

I_{MAX} : 最大負荷電流

ΔI_L : インダクタのリップル電流

DCR: インダクタの抵抗

RC: フィルタの時定数

通常のDCRによる検出中、 $C1$ 両端の電圧リップルはインダクタのDCR両端の電圧リップルと等しくなります。低DCRによる検出中、 $C1$ 両端の電圧リップルはインダクタのDCR両端の電圧リップルの5倍になります。

動作温度範囲全体にわたって負荷電流が十分に供給されるように、DCR抵抗の温度係数(約 $3900ppm/^{\circ}C$)を考慮に入れる必要があります。

通常、 C は $0.047\mu F \sim 0.47\mu F$ の範囲内で選択します。これにより、 $R1$ は $MFR_PWM_MODE[2] = 0$ では $2k\Omega$ 前後、 $MFR_PWM_MODE[2] = 1$ では 400Ω 前後になるので、 I_{SENSE} ピンの $\pm 1\mu A$ の電流によって生じる可能性がある誤差が減少します($R3$ と $C2$ は、 $R1$ を流れる入力電流によって生じる検出誤差の低減を目的としています)。

$R1$ に発生する若干の電力損失はデューティ・サイクルと関係があり、連続モード時に最大入力電圧で最大になります。

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

$R1$ 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。ただし、DCRによる検出には検出抵抗の導通損失がないため、重負荷時の効率が改善されます。小さな電流検出信号で優れたS/N比を維持するには、低DCRによる検出ネットワークをイネーブルする($MFR_PWM_MODE[2] = 1$ 、 $RC = L/(5 \cdot DCR)$)のが最善です。DCRによる検出のアプリ

アプリケーション情報

ケーションでは、ピーク to ピークのリプル電圧が次式によって求められます。

$$\Delta V_{\text{SENSE}} = \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}}} \cdot \frac{V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}}{RC \cdot f_{\text{OSC}}}$$

ΔV_{SENSE} 信号がわずか 2mV 程度の場合は、低 DCR による検出を使用できます。

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・リプル電流が直ちに決まります。

$$\Delta I_L = \frac{V_{\text{OUT}} (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}})}{V_{\text{IN}} \cdot f_{\text{OSC}} \cdot L}$$

リ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、および出力電圧リプルが減少します。したがって、所定の周波数では、最も効率の高い動作は低リプル電流の条件で得られるので、大きなインダクタが必要です。

妥当な出発点として、 $I_{\text{OUT(MAX)}}$ の約 40% のリプル電流を選択します。入力電圧が最大のときに最大リプル電流が生じることに注意してください。リプル電流が規定の最大値を超えないようにするには、次式に従ってインダクタを選択します。

$$L \geq \frac{V_{\text{OUT}} (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}})}{V_{\text{IN}} \cdot f_{\text{OSC}} \cdot I_{\text{RIPPLE}}}$$

インダクタのコアの選択

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

ンダクタンスは急に減少します。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。

値の小さな抵抗による電流検出

ディスクリット抵抗を使用した標準的な検出回路を図 28b 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 $V_{\text{SENSE(MAX)}}$ は、 I_{LIMIT} の設定によって決まります。電流コンパレータの入力同相電圧範囲は、0V ~ 5.5V です。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・リプル電流 ΔI_L の半分の差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。

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

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、 $\Delta V_{\text{SENSE}} = \Delta I_L \cdot R_{\text{SENSE}}$ の AC 電流検出リ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} によるアプリケーションの場合、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。

前の世代の電流モード・コントローラでは、最大検出電圧が十分に高かったため（例えば、LTC1628/LTC3728 ファミリーでは 75mV）、検出抵抗の寄生インダクタンス両端で生じる電圧降下を示す誤差は比較的小さいものでした。より新しく、電流密度の高いソリューションでは、検出抵抗の値が 1mΩ より低いことがあり、ピーク検出電圧が 20mV より小さくなる場合があります。また、インダクタのリプル電流が 50% より大きく、最大 750kHz で動作することが、より一般的になりつつあります。こうした条件下では、検出抵抗の寄生インダクタンス両端での電圧降下をもはや無視できません。ディスクリット抵抗を使用した標準的な検出回路を図 28b に示します。前の世代のコントローラでは、小さな RC フィルタを IC の近くに配置して、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のが一般的でした。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

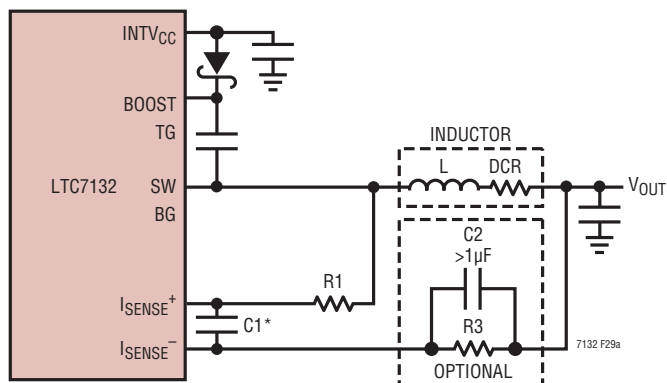


図 28a. インダクタの DCR による電流検出回路

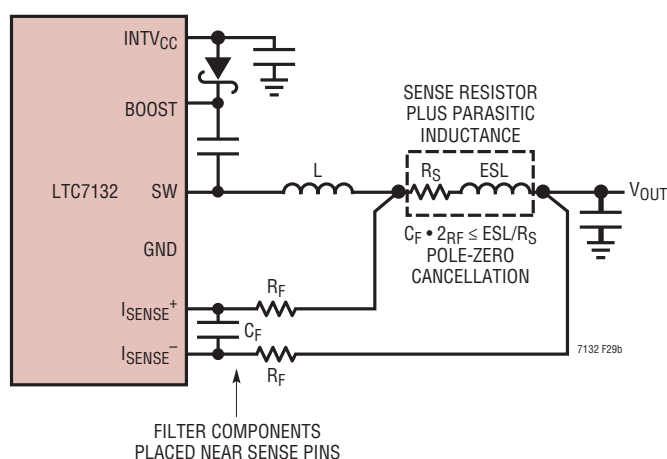
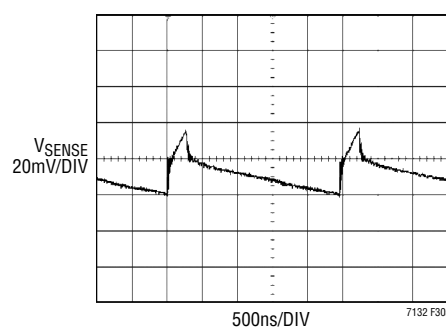
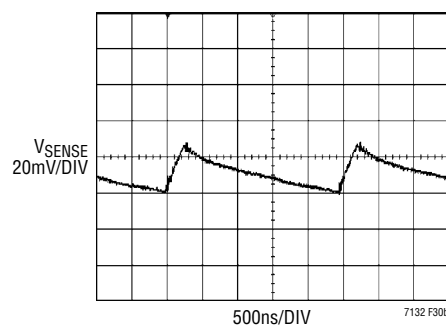


図 28b. 抵抗による電流検出回路

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 29a 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、オシロスコプの 2 つのプロ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。

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

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 29b 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} のリップル電圧を十分な大きさに維持し、電流ループ・コントローラの動作を最適化します。

図 29a. R_{SENSE} の両端で直接測定した電圧図 29b. R_{SENSE} フィルタの後に測定した電圧

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。LTC7132 は、補償ランプの影響を相

アプリケーション情報

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。

可変遅延時間、ソフトスタート、および出力電圧の上昇

LTC7132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LTC7132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_{IN}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ピンは、信号に接続されている全てのデバイスが同じタイム・ベースを使用するようにします。

RUN n ピンが解放されると、コントローラはユーザ指定のターンオン遅延(TON_DELAY)の間待機した後、出力電圧の上昇を開始します。複数のLTC7132とアナログ・デバイセズの他のデバイスを可変遅延時間で起動するよう設定できます。正常に動作させるには、全てのデバイスが同じタイミング・クロック(SHARE_CLK)を使用し、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(アナログ・デバイセズの全てのICは、最も速いSHARE_CLK信号で全てのデバイスのタイミングを制御できるように設定されています)。SHARE_CLK信号は周波数の幅が $\pm 10\%$ 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0.0V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。LTC7132は必要な数値計算を内部で実行して、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。

LTC7132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。

LTC7132に従来のトラッキング機能はありませんが、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LTC7132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、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時間ベースです。連鎖イベントの場合は、別のコントローラのPGOOD n ピンに基づいてRUN n ピンを制御できます。デバイス内部にはPGOOD n に対する60 μ sのフィルタがあります。それでもなおPGOOD n に不必要な遷移が発生する場合は、PGOOD 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。300 μ s ~ 500 μ sの値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大にするために、MFR_PWM_MODEコマンドのビット6をアサートして、デジタル・サーボ・ループをイネーブルします。デジタル・サーボ・モードでは、LTC7132はADCの電圧測定値に基づいて出力電圧が安定するように調整します。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1.375mVまたは0.688mV)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。MFR_PWM_MODEのビット0に示すように、出力は同じ時点で不連続モードからプログラム済みモードに切り替わります。時間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 30](#)を参照してください。TON_MAX_FAULT_LIMITに0より大きい値を設定し、

アプリケーション情報

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. VOUT_UV_FAULT_LIMITを超えた後か、IOUT_OC_FAULT_LIMITが有効ではなくなった後

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. TON_MAX_FAULT_LIMITの時間が経過した後で、VOUT_UV_FAULTとIOUT_OC_FAULTが両方とも存在しない場合

立上がり時間の最大値は1.3秒に制限されます。

PolyPhase構成では、制御ループのいずれか1つだけをデジタル・サーボ・モードが有効な状態にすることを推奨します。これにより、リファレンス回路でのわずかな差が原因で個々のループが互いに反する動作をしないようになります。

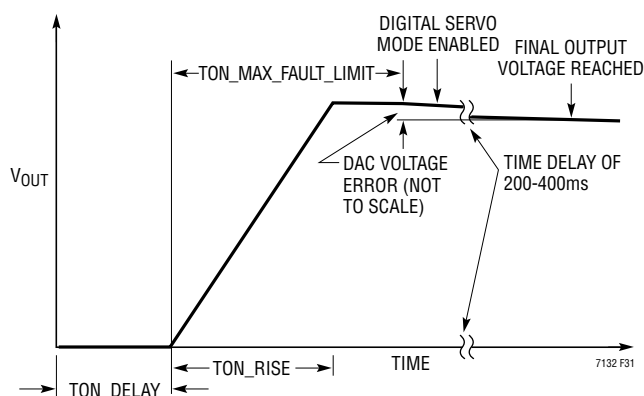


図30. タイミングが制御されたV_{OUT}の立上がり

ソフトオフ(シーケンス制御によるオフ)

LTC7132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31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、FAULT_nを外部からローにして、デバイスがこれに応答するようプログラムされていると、出力はスリーステートになり、

制御された傾斜を示しません。出力は負荷に応じて減少します。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31に示すように動作します。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、VOUT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。傾斜のステップ数はTOFF_FALL/0.1msに等しくなります。

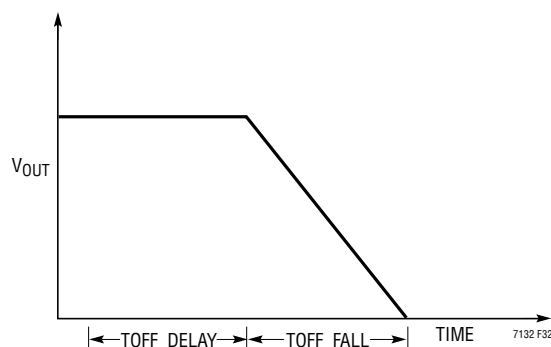


図31. TOFF_DELAYとTOFF_FALL

INTV_{CC}/EXTV_{CC}電源

内部のMOSFETドライバおよび他の大部分の内部回路への電源は、INTV_{CC}ピンから供給されます。EXTV_{CC}ピンをGNDに短絡するか4.7Vより低い電圧に接続した場合、またはSV_{IN}が7Vより低くなると、内部の5.5Vリニア電圧レギュレータがINTV_{CC}の電力をV_{IN}から供給します。EXTV_{CC}が4.7Vより高く、SV_{IN}が7Vより高い場合は、内部の5.5Vレギュレータがオフして内部スイッチがオンし、EXTV_{CC}をINTV_{CC}に接続します。EXTV_{CC}は内蔵の5.5V低ドロップアウト・レギュレータからの消費電力を低減するので、全体的な効率と熱性能が向上します。EXTV_{CC}はV_{IN}より先に印加

アプリケーション情報

できます。このレギュレータは100mAのピーク電流を供給できます。INTV_{CC}とEXTV_{CC}は、両方とも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。使用するバルク・コンデンサの種類に関わらず、0.1μFセラミック・コンデンサをINTV_{CC}ピンとPGND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。

LTC7132のINTV_{CC}は外部電源に接続しないでください。なぜなら、INTV_{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。

V_{IN}が6Vより低いアプリケーションでは、図32に示すように、SV_{IN}ピンとINTV_{CC}ピンを互いに接続し、接続後のピンを1Ωまたは2.2Ωの抵抗を介して電源電圧に接続します。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、SV_{IN}/INTV_{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INTV_{CC}リニア電圧レギュレータをオーバーライドして、INTV_{CC}の電圧が大幅に低下するのを防止します。INTV_{CC}のUVLOは約4Vに設定されます。

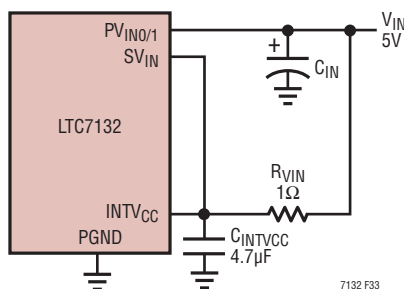


図32. 5V入力の場合の回路構成

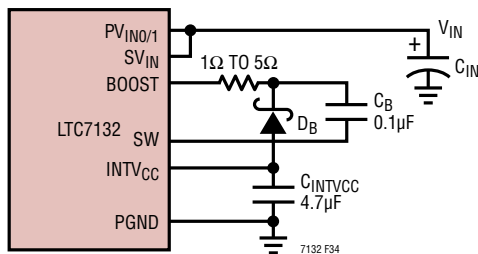


図33. PWMジッタを最小限に抑えるための昇圧回路

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、内部の上側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、INTV_{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_{IN}まで上昇し、BOOST_nピンの電圧もこれに追従します。内部の上側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。V_{BOOST} = V_{IN} + V_{INTVCC} 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ークダウン電圧はV_{IN(MAX)}より大きくなければなりません。

V_{IN}/V_{OUT}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33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。ESLを低減して最善の結果を実現するには、抵抗のケース・サイズを0603以上にすることを推奨します。

低電圧ロックアウト

LTC7132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_{IN}を約4Vにする必要があります。INTV_{CC}、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_{IN}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_{IN}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_{IN}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_{IN}が印加されたときにFAULTBがローに保持されている場合は、FAULTBがローに保持されているときに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、ALERTはローにアサートされます。LTC7132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

アプリケーション情報

ことがあります。CML障害が検出されると、 $\overline{\text{ALERT}}$ はローにアサートされます。

V_{DD33} 電源を V_{DD33} へ外部から直接駆動するか、またはEXTV_{CC}を介して駆動する場合は、アプリケーション内でNVMの内容をプログラムすることができます。これによりLTC7132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。LTC7132に V_{IN} が印加されていなかった場合は、MFR_COMMONのビット3 (NVMが初期化されていない)がローにアサートされます。この状態を検出すると、デバイスはアドレス5Aおよび5Bに対してのみ応答するようになります。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5B、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するようになります。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_{IN} を印加したら、MFR_RESETコマンドを発行してPWMをイネーブルし、有効なA/D変換結果を読み出すことができるようにする必要があります。

C_{IN}とC_{OUT}の選択

連続モードでは、内部の上側MOSFETのソース電流はデューティ・サイクルが $(V_{OUT})/(V_{IN})$ の方形波になります。大きな電圧トランジェントを防止するには、1チャンネルの最大RMS電流に対応するサイズの低ESRコンデンサを使用する必要があります。コンデンサの最大RMS電流は次式で与えられます。

$$C_{IN} \text{ Required } I_{RMS} \approx \frac{I_{MAX}}{V_{IN}} [(V_{OUT})(V_{IN} - V_{OUT})]^{1/2}$$

この式は $V_{IN} = 2V_{OUT}$ のときに最大値になります。ここで、 $I_{RMS} = I_{OUT}/2$ です。設計ではこの単純で最も厳しい条件がよく使用されます。条件を大きく変化させても状況がそれほど改善されないからです。多くの場合、コンデンサ・メーカーはリップル電流定格をわずか2000時間の寿命時間によって規定しています。このため、コンデンサを更にデレーティングするか、要求より高い温度定格のコンデンサを選択することを推奨します。設計でのサイズまたは高さの条件に適合させるため、複数のコンデンサを並列に接続できます。LTC7132は動作周波数が高いため、 C_{IN} にセラミック・コンデンサを使用することもできます。疑問点については必ずメーカーにお問い合わせください。

LTC7132を2相動作で使用する利点は、大電力のモノリシックICについては上式を使用して計算し、その後、2つのチャンネルが両方同時に切り替わった場合に生じる損失を計算できることです。両方のチャンネルが動作しているときは、入力コンデンサのESRを流れるのに必要な電流パルスの重複部分が減少するので、全RMS電力損失が減少します。これが、デュアル・コントローラの設計では、最も厳しい条件のコントローラについて上式で計算した入力コンデンサの条件で十分である理由です。更に、2相システムではピーク電流が減少するため、入力保護ヒューズの抵抗、バッテリー抵抗、およびPC基板のトレース抵抗による各損失も減少します。マルチフェーズ設計の総合的な利点を十分に認識できるのは、電源/バッテリーのソース・インピーダンスが効率テストに含まれる場合だけです。

小さな(0.1μF〜1μF)バイパス・コンデンサをLTC7132の近くに配置し、SV_{IN}ピンとグラウンドの間に挿入することも推奨します。 C_{IN} (C1)と V_{IN} ピンの間に2.2Ω〜10Ωの抵抗を接続すると、2つのLTC7132間の絶縁性を高めることができます。

C_{OUT} は、等価直列抵抗(ESR)に基づいて選択します。一般に、ESRの条件を満たしていれば、その容量はフィルタリング機能にも十分です。出力リップル(ΔV_{OUT})は次式で近似できます。

$$\Delta V_{OUT} \approx I_{RIPPLE} \left(ESR + \frac{1}{8 \cdot f \cdot C_{OUT}} \right)$$

ここで、fは動作周波数、 C_{OUT} は出力容量、 I_{RIPPLE} はインダクタのリップル電流です。 I_{RIPPLE} は入力電圧に応じて増加するので、出力リップルは入力電圧が最大のときに最も大きくなります。

障害通知

LTC7132のFAULTピンは、OV、UV、OC、OT、タイミング障害、ピーク過電流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、FAULTピンを外部信号源によってロー

アプリケーション情報

にすると、システムの他の部分での障害を通知できます。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

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応答は自動的です。OV状態が検出されると、SW_nはローになります。

LTC7132には障害ログ機能があります。障害ログは、デバイスをオフにする障害が発生した場合、データを自動的に格納するように設定できます。障害ログの表の見出し部にはピーク値が記載されています。これらの値はいつでも読み出すことができます。このデータは障害に対応するときに役立ちます。

LTC7132の内部温度が85°Cを超えた場合、NVMへの書込みは(障害ログ以外)推奨しません。3.3V電源のUVLO閾値に達していない限り、データは引き続きRAMの中に保持されます。ダイ温度が130°Cを超えると、NVMの通信はダイ温度が120°Cより低くなるまで無効になります。

オープンドレイン・ピン

LTC7132は以下のオープンドレイン・ピンを備えています。

3.3Vのピン

1. FAULT
2. SYNC
3. SHARE_CLK
4. PGOOD_n

5Vのピン(5Vのピンは3.3Vまで低下しても正しく動作します。)

1. RUN_n
2. 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。これらのピンの低い方の閾値は0.8Vなので、3mAの電流ではデジタル信号に十分な余裕があります。3.3Vのピンの場合、3mAの電流は1.1kΩの抵抗を意味します。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。

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。

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

最も近い1%精度の抵抗値は1kです。SDAピンとSCLピンの寄生容量を最小限に抑えて、通信問題を回避するように注意してください。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。

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

最も近い1%精度の抵抗は4.99kです。

タイミング誤差が発生する場合、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。

アプリケーション情報

フェーズ・ロック・ループと周波数同期

LTC7132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ピンの信号の立下がりエッジに同期します。PWMコントローラとSYNCの立下がりエッジの間の位相関係は、MFR_PWM_CONFIG コマンドの下位3ビットによって制御されます。PolyPhase アプリケーションでは、全ての位相の間隔を均一にすることを推奨します。したがって、2相システムでは信号の位相を180°ずらし、4相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200kHz～1MHzになります。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ピンのアサートを表示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。

SYNCの信号がアプリケーションのクロックとして動作しない場合は、公称の事前設定周波数がPWM回路を制御します。ただし、複数のデバイスがSYNCピンを共用していて、その信号がクロックとして動作しない場合、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。この状態が存在する場合、MFR_PADS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。立下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ます。この問題を回避するには、デジタル制御信

号の配線を見直し、SYNC信号へのクロストークを最小限に抑えてください。PolyPhase構成で1つのSYNCピンを共用するには、複数のLTC7132が必要です。他の構成の場合、SYNCピンを接続して単一のSYNC信号を生成するのはオプションです。複数のLTC7132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できるLTC7132は1つだけです。それ以外のLTC7132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、周波数は公称の目標値にプログラムしてください。

最小オン時間に関する検討事項

最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ は、LTC7132が上側MOSFETをオンすることができる最小時間です。これは内部タイミング遅延と上側MOSFETをオンするのに必要なゲート電荷の量によって決まります。低デューティ・サイクルのアプリケーションでは、この最小リミットに接近する可能性があるため、次の条件が成り立つように注意する必要があります。

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

デューティ・サイクルが最小オン時間で対応可能な値より低くなると、デバイスはサイクル・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。

LTC7132の最小オン時間は約90nsです。最小オン時間の増大を防ぐには、適度なPCBレイアウト、30%以上のインダクタ電流リップルと、電流検出信号として低DCR構成の場合は2mV以上、通常のDCRの場合は10mV～15mV以上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ウィッチング・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130ns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。

アプリケーション情報

外部温度の検出

LTC7132は、各チャンネルのパワー段の温度を測定できます。シリコン接合型のリモート・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。

最も高精度な外部温度計測を行うには、図34に示すように、MMBT3906などのダイオード接続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ピンに接続するのに対して、ベース端子とコレクタ端子は、ケルビン接続を使用してLTC7132のGNDパドルに戻します。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。

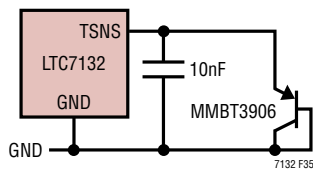
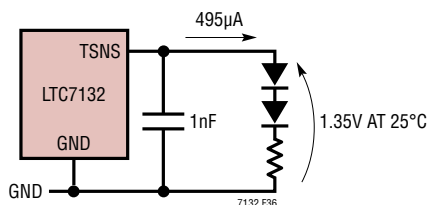
図34. ΔV_{BE} による外部温度の検出

図35. 2D+Rによる温度検出

また、LTC7132は、MFR_PWM_MODE_LTC7132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35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。

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のこのコマンドでの推奨値は、理想係数1.01に基づいて概算で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接合の直接測定法に合わせてMFR_TEMP_1_GAINを調整する場合は、全温度範囲でのベンチ特性評価を推奨します。

外部温度検出のオフセットは、MFR_TEMP_1_OFFSETによって調整できます。

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に設定し、UT_FAULT_RESPONSEを無視する設定にする必要があります。また、IOUT_CAL_GAIN_TCの値を0に設定することも必要です。

これらの温度調整パラメータを適切に使用するには、PMBusコマンドの詳細を扱う後述のセクションでMFR_PWM_MODEコマンドによる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。

入力電流検出アンプ

LTC7132の入力電流検出アンプは、図36に示すように、外付け抵抗を使用してV_{IN}ピンに流れ込む電源電流を検出できるだけでなく、外付け電流検出抵抗を使用してパワー段の電流も検出できます。不連続な入力電流によって生じる周波数ノイズを軽減するよう配慮しない限り、入力電流測定誤差が極めて大きくなる可能性があります。ノイズが最大になるのは、大電流アプリケーションで降圧比が高い場合です。測定誤差を最小限に抑えるため、SV_{IN}ピンでのレイアウトとフィルタ処理を入念に行うことを推奨します。SV_{IN}ピンは抵抗とセラミック・コンデンサを使用してフィルタ処理します。フィルタはSV_{IN}ピンにできるだけ近づけて配置してくだ

アプリケーション情報

さい。SV_{IN}ピン・フィルタの電源側は、R_{I_{NSNS}} 抵抗の電源側にケルビン接続します。大半のアプリケーションでは、2Ωの抵抗で十分です。この抵抗があると、SV_{IN}ピンに流れ込む電流により、電源とSV_{IN}ピンの間にIR電圧降下が生じます。この電圧降下を補償するため、MFR_RVINコマンドの値を公称の抵抗値に設定します。LTC7132はMFR_READ_ICHIPの測定値にユーザ定義のMFR_RVINの値を掛けて、得られた電圧をSV_{IN}ピンでの測定電圧に加算します。このため、以下ようになります。

$$\text{READ_VIN} = V_{\text{SVIN_PIN}} + (\text{MFR_READ_ICHIP} \cdot \text{MFR_RVIN})$$

したがって、READ_VINコマンドはSV_{IN}ピン・フィルタの電源側の電圧値を返します。SV_{IN}フィルタ素子を使用しない場合は、MFR_RVIN = 0を設定します。

コンデンサC1は低ESRのセラミック・コンデンサにしてください。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、PV_{IN0/1}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入力電流検出アンプの入力および電源に送り込まれないようにするのに役立ちます。

入力電流検出アンプを使用しない場合は、SV_{IN}、I_{IN}⁺、I_{IN}⁻の各ピンを互いに短絡してください。

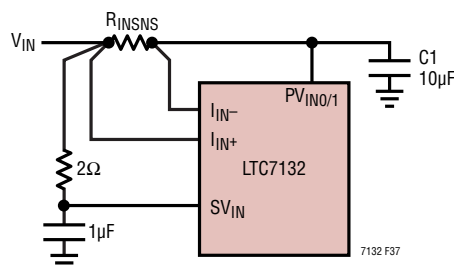


図36. 低ノイズの入力電流検出回路

外付け抵抗設定ピン(RCONFIG)

LTC7132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ピンに接続する必要があります。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。ただし、これが意味するのは、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、これらのピンで1つの抵抗分圧器を共有できるということです。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

(表3により) VOUT_CFGn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。

- 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%

表3. VOUT_CFGn 抵抗のプログラミング

R _{TOP} (kΩ)	R _{BOTTOM} (kΩ)	V _{OUT} (V)	ON/OFF
0 or Open	Open	NVM	NVM
10	23.2	5.000	ON
10	15.8	3.300	ON
16.2	20.5	2.500	ON
16.2	17.4	1.800	ON
20	17.8	1.500	ON
20	15	1.350	ON
20	12.7	1.250	ON
20	11	1.200	ON
24.9	11.3	1.150	ON
24.9	9.09	1.100	ON
24.9	7.32	1.050	ON
24.9	5.76	0.900	ON
24.9	4.32	0.750	ON
30.1	3.57	0.650	ON
30.1	1.96	0.600	ON
Open	0	NVM	OFF

アプリケーション情報

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LTC7132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LTC7132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。

表 4. FREQ_CFG 抵抗のプログラミング

R _{TOP} (kΩ)	R _{BOTTOM} (kΩ)	FREQUENCY (kHz)
0 or Open	Open	NVM
10	23.2	NVM
10	15.8	NVM
16.2	20.5	NVM
16.2	17.4	NVM
20	17.8	NVM
20	15	NVM
20	12.7	NVM
20	11	1000
24.9	11.3	750
24.9	9.09	650
24.9	7.32	575
24.9	5.76	500
24.9	4.32	425
30.1	3.57	350
30.1	1.96	250
Open	0	External Clock

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. PHASE_CFG 抵抗のプログラミング

R _{TOP} (kΩ)	R _{BOTTOM} (kΩ)	SYNC TO CH0 (DEGREES)	SYNC TO CH1 (DEGREES)	SYNC OUTPUT
0 or Open	Open	NVM	NVM	NVM
10	23.2	NVM	NVM	NVM
10	15.8	NVM	NVM	NVM
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	
24.9	7.32	60	240	ENABLED
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	

例えば、クロックが500kHzの4相構成では、全てのLTC7132を目的の周波数および位相に設定する必要があり、1つのLTC7132のみSYNCピンをイネーブルした状態で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。

LTC7132のチップ1では、周波数を500kHz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} = 24.9kΩおよびR_{BOT} = 5.76kΩ

位相: R_{TOP} = 30.1kΩおよびR_{BOT} = 1.96kΩ

LTC7132のチップ2では、周波数を500kHz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: 24.9kΩおよびR_{BOT} = 5.76kΩ

位相: R_{TOP} = 24.9kΩおよびR_{BOT} = 11.3kΩ

アプリケーション情報

RCONFIGを使用したアドレスの選択

LTC7132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LTC7132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。LTC7132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。

表 6. ASEL_n抵抗のプログラミング

R _{TOP} (kΩ)	R _{BOTTOM} (kΩ)	ASEL1		ASEL0	
		LTC7132 DEVICE ADDRESS BITS[6:4]		LTC7132 DEVICE ADDRESS BITS[3:0]	
		BINARY	HEX	BINARY	HEX
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

表 6b 1.7ビットまたは8ビットのアドレス指定で表現したLTC7132のMFR_ADDRESSコマンドの例

DESCRIPTION	HEX DEVICE ADDRESS		BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	R/W
	7 BIT	8 BIT									
Rail ⁴	0x5A	0xB4	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Global ⁴	0x5B	0xB6	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Default	0x4F	0x9E	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Example 1	0x60	0xC0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Example 2	0x61	0xC2	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Disabled ^{2,3,5}			1	0	0	0	0	0	0	0	0

Note 1: この表は MFR_RAIL_ADDRESS コマンドおよび MFR_ADDRESS コマンドに当てはまる。

Note 2: あるコマンドに無効な値があってもデバイスはディスエーブルされず、グローバル・アドレスが無効化されることもない。

Note 3: あるコマンドに無効な値があっても、デバイスが他のコマンドで指定されたデバイス・アドレスに応答することは禁止されない。

Note 4: 0x00、0x0C (7ビット)、0x5A または 0x5B (7ビット) のいずれかの値を MFR_ADDRESS コマンドまたは MFR_RAIL_ADDRESS コマンドに書き込むことは推奨されない。

Note 5: アドレスを無効化するには、MFR_ADDRESS コマンドで 0x80 を入力する。0x80 は 7 ビットのアドレス・フィールドより大きく、アドレスを無効化する。

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。 $\% \text{Efficiency} = 100\% - (L1 + L2 + L3 + \dots)$ 。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。

回路内で電力を消費する全ての要素で損失が生じますが、LTC7132 の回路の損失の大部分は、以下に示す主な 4 つの損失要因によって生じます。それは、1) デバイスの V_{IN} 電流、2) INTV_{CC} レギュレータの電流、3) I_{PR} 損失、4) 上側 MOSFET の遷移損失です。

1. V_{IN} 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、これには内部 MOSFET ドライバの電流や制御電流は含まれません。 V_{IN} の電流による損失は通常小さな値です (0.1% 未満)。

アプリケーション情報

2. $INTV_{CC}$ 電流は内部MOSFETドライバの電流と制御電流の和です。内部MOSFETドライバの電流はパワー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、 $INTV_{CC}$ 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 $INTV_{CC}$ 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。
3. I^2R 損失は、ヒューズ(使用する場合)、内部MOSFET、インダクタ、電流検出抵抗の各DC抵抗から予測されます。連続モードでは、インダクタと R_{SENSE} に平均出力電流が流れますが、上側MOSFETと(下側の)同期MOSFETの間でこま切れにされます。
4. 遷移損失は上側の内部MOSFETにのみ当てはまり、しかも大きくなるのは高い入力電圧(通常15V以上)で動作している場合に限ります。遷移損失は次式から概算できます。

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

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。25W電源には、一般にESRが最大20mΩ～50mΩで容量が最小20μF～40μFのコンデンサが必要です。LTC7132の2相アーキテクチャの場合、通常必要な入力容量は競合製品に比べて半分になります。その他の損失(デッド・タイム中のショットキー・ダイオードの導通損失やインダクタのコア損失など)は、合計しても一般には2%未満の損失増にしかありません。

熱に関する検討事項

LTC7132では、`READ_TEMPERATURE_2` コマンドは、内蔵ダイオードを使用して ΔV_{BE} の測定および計算を実行することにより、デバイス内部のダイ・ジャンクション温度を返します。高い周囲温度、高い V_{IN} 、高いスイッチング周波

数、および最大負荷電流でLTC7132が動作するアプリケーションでは、内蔵のダイオードから離れた場所にあるパワーMOSFETにホット・スポットが移転することがあります。したがって、最大出力負荷電流定格をデレーティングして、内部MOSFETが過熱しないようにします。

デバイスの接合部周囲間熱抵抗は、デバイスを実装したPCB基板の銅箔面積と厚さ、デバイスの上面に取り付けたヒート・シンク、更にはデバイスの冷却に使用する強制空気流の量に応じて変化します。後出の図37～40に、既存の標準デモ基板でヒート・シンクと空気流の両方がある場合の出力電流デレーティング曲線を示します。

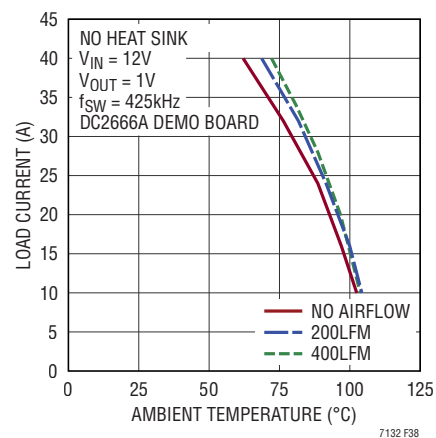


図37. DC2666A デモ基板に基づく温度デレーティング曲線

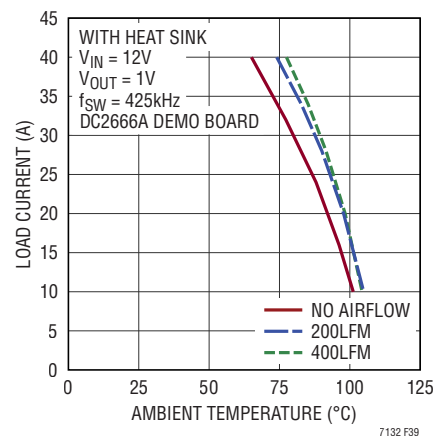
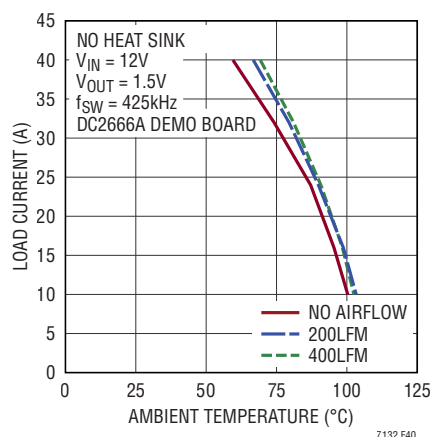
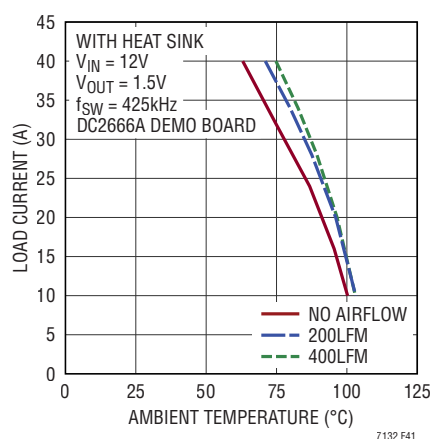


図38. DC2666A デモ基板に基づく温度デレーティング曲線

アプリケーション情報

図39. DC2666A デモ基板に基づく温度
ディレーティング曲線図40. DC2666A デモ基板に基づく温度
ディレーティング曲線

プログラム可能なループ補償

LTC7132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。エラー・アンプのゲイン g_m は $0.8\text{mS} \sim 4.6\text{mS}$ の範囲で変化し、補償抵抗 R_{TH} 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、図41では C_{TH} と C_{THP} の比の代表値は10です。

g_m と R_{TH} だけを調整することにより、LTC7132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42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。

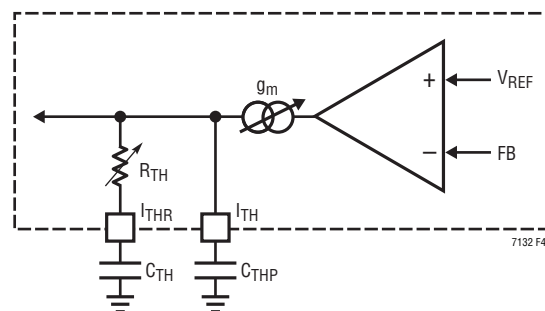
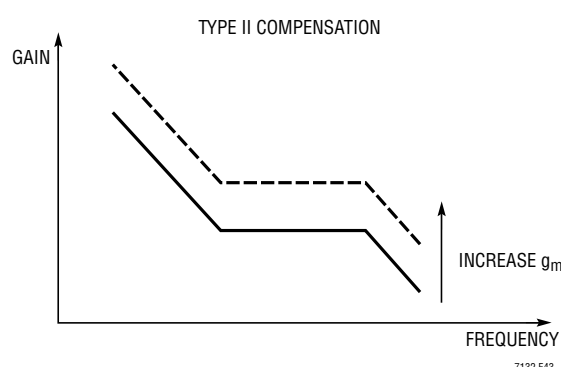
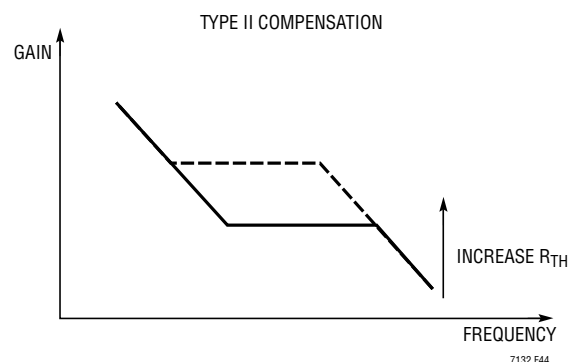


図41. プログラム可能なループ補償

図42. エラー・アンプの g_m 調整図43. R_{TH} の調整

R_{TH} を変更すると、図43に示すように、ポールとゼロの位置が変わります。 g_m および R_{TH} の適切な値をLTPowerCADツールを使用して決定することを推奨します。

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

アプリケーション情報

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ことで、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_MODE コマンドのビット [1])、電流範囲 (MFR_PWM_MODE コマンドのビット [2] およびビット [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_{TH} 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。

I_{TH} ピンと直列の内部 R_{TH} と外部 C_{TH} で構成するフィルタにより、支配的なポールゼロ・ループ補償が設定されます。内部の R_{TH} 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 PCB レイアウトが完了して、 C_{TH} 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_{TH} 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。接地した電流検出抵抗と直列のパワー MOSFET を出力コンデンサの両端間に直接取り付け、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_{TH} を大きくすると増加し、ループの帯域幅は C_{TH} を小さくすると広がります。 C_{TH} を減少させるのと同じ比率で R_{TH} 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、スイッチの立上がり時間を制御して、負荷の立上がり時間を約 $25 \cdot C_{LOAD}$ 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 LTC7132 を使用して PolyPhase レールを構成する場合は、デバイスの SYNC、 I_{TH} 、SHARE_CLK、 $\overline{FAULT}$ 、および $\overline{ALERT}$ ピンを共用する必要があります。 $\overline{FAULT}$ 、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。デバイスの SYNC ピンのいずれか 1 つを目的のスイッチング周波数に設定し、それ以外の全ての FREQUENCY_SWITCH コマンドを外部クロックに設定する必要があります。外部発振器を接続する場合は、全てのデバイスを対象に 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。

アプリケーション情報

複数のLTC7132を使用してPolyPhaseレールを接続する場合は、LTC7132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44](#)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45](#)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. 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_{INTVCC} 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。
2. I_{TH} のパターンはできるだけ短くします。
3. 上側のNチャンネルMOSFET、ショットキー・ダイオードおよび C_{IN} 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。
4. 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。
5. 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て正確な電流検出になるようにしてください。
6. $INTV_{CC}$ のデカップリング・コンデンサは、ICの近くで $INTV_{CC}$ 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、 $INTV_{CC}$ 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。
7. スイッチング・ノード(SW_n)と昇圧ノード($BOOST_n$)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、LTC7132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。

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。

V_{IN} をその公称レベルから下げて、ドロップアウト状態のレギュレータ動作を確認します。出力をモニタしながら更に 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。入力電圧が高くかつ出力電流が小さいときに問題が発生する場合は、 $BOOST_n$ および SW_n の接続箇所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、部品(C_{IN} 、ショットキー・ダイオード)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

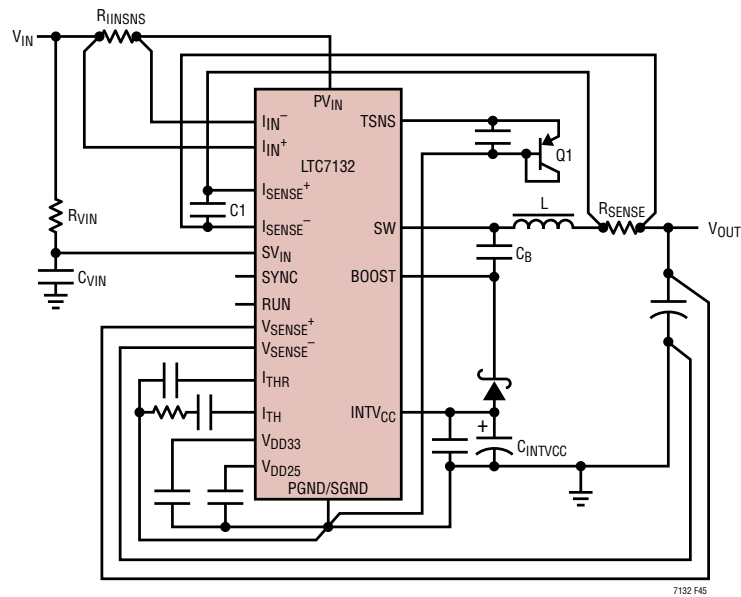


図 44. プリント基板の推奨レイアウト、シングル・フェーズの場合を表示

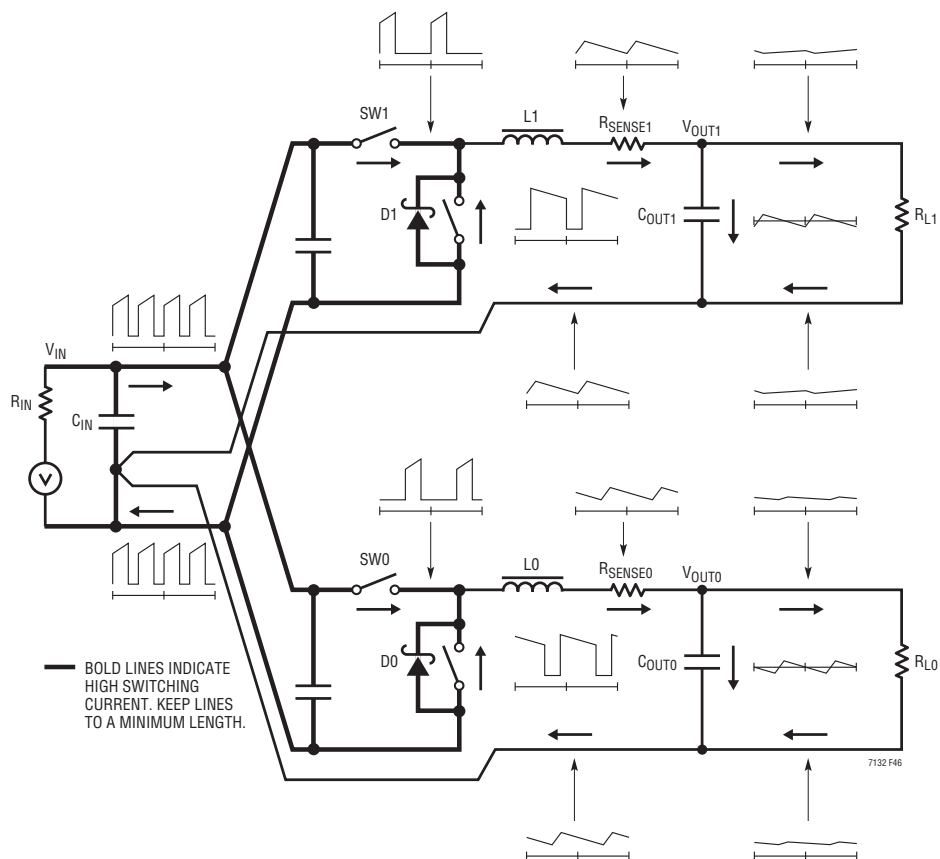


図 45. 枝路電流の波形

アプリケーション情報

設計例

中程度の電流を流す2チャンネルのレギュレータの設計例として、 $V_{IN} = 12V$ (公称)、 $V_{IN} = 20V$ (最大)、 $V_{OUT0} = 1.5V$ 、 $V_{OUT1} = 1.05V$ 、 $I_{MAX0,1} = 20A$ 、および $f = 425kHz$ を想定します。

安定化出力は、NVMに格納されているVOUT_COMMANDによって設定するか、 V_{DD25} 、RCONFIGピン、およびSGNDの間に次の抵抗分圧器を配置することによって設定します。

1. V_{OUT0_CFG} 、 $R_{TOP} = 20k$ 、 $R_{BOTTOM} = 17.8k$
2. V_{OUT1_CFG} 、 $R_{TOP} = 24.9k$ 、 $R_{BOTTOM} = 7.32k$

周波数と位相は、NVMで設定するか、 V_{DD25} 、FREQ_CFG、SGNDの間に抵抗分圧器を設置すること、 V_{DD25} 、PHASE_CFG、SGNDの間に抵抗分圧器を設置することによって設定します。

周波数、 $R_{TOP} = 24.9k\Omega$ および $R_{BOTTOM} = 4.32k\Omega$

位相、 $R_{TOP} =$ オープン および $R_{BOTTOM} = 0\Omega$

アドレスはXFに設定されます(XはNVMに格納されているMSBです)。

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NVMにプログラムする必要があります。GUI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。

インダクタンスの値は、40%の最大リップル電流(8A)を前提にしています。リップル電流が最大値をとるのは、最大入力電圧のときです。

$$L = \frac{V_{OUT}}{f \cdot \Delta I_{L(MAX)}} \left[1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right]$$

チャンネル0には $0.41\mu H$ が必要であり、チャンネル1には $0.28\mu H$ が必要です。標準値としてチャンネル0には $L = 0.4\mu H$ を使用し、チャンネル1には $L = 0.3\mu H$ を使用します。公称の $V_{IN} = 12V$ では、ピークtoピークのインダクタ電流リップルが

チャンネル0では $7.72A$ (38.6%)になり、チャンネル1では $7.2A$ (35.9%)になります。

$$\Delta I_{L(NOM)} = \frac{V_{OUT}}{f \cdot L} \left[1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(NOM)}} \right]$$

ピーク・インダクタ電流は、最大DC値にリップル電流の1/2を加えた値になります。つまり、チャンネル0では $23.9A$ になり、チャンネル1では $23.6A$ になります。チャンネル1のオン時間が最小になるのは V_{IN} が最小のときであり、 $90ns$ より短くなることはありません。

$$t_{ON(MIN)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)} \cdot f} = \frac{1.5V}{20V \cdot 425kHz} = 118ns$$

次の設計では、チャンネル1のみに注目します。

チャンネル1にはCoiltronics/EatonのFP1007R3-R30-R $0.3\mu H$ ($20^\circ C$ でのDCR: $0.29m\Omega$)を使用します。したがって、 $I_{OUT_CAL_GAIN} = 0.29m\Omega$ になります。

出力電流とインダクタの値に基づく、これは低DCRアプリケーションの申し分ない例と考えられます。

次の設定を行います。 $MFR_PWM_MODE[2] = 1$ (超低DCR)

次に、 $C = 220nF$ を選択します。

$$R1 = \frac{L}{DCR \cdot C \cdot 5} = \frac{0.30\mu H}{0.29m\Omega \cdot 220nF \cdot 5} = 940.4\Omega$$

$R1 = 931\Omega$ (標準値、許容誤差1%の抵抗)を選択します。

$R1$ 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、連続導通モードで最大入力電圧のときです(次式)。

$$P_{LOSSR1} = \frac{(V_{IN(MAX)} - V_{OUT}) \cdot V_{OUT}}{R1} = \frac{(20 - 1) \cdot 1.5}{931} = 20.4mW$$

電流制限値はピーク値より30%高い値に設定して、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します。

$$V_{LIMIT} = (1 + 30\%) \cdot I_{PEAK} \cdot R_{DCR(MAX)} = (1 + 30\%) \cdot 23.6A \cdot 0.29m\Omega = 8.9mV$$

アプリケーション情報

図 26 に基づいて、MFR_PWM_MODE[1] = 1 (低 V_{OUT} 範囲)、MFR_PWM_MODE[2] = 1 (超低 DCR)、MFR_PWM_MODE[7] = 0 (低電流範囲)、および IOUT_CAL_GAIN = $0.29\text{m}\Omega$ を GUI で設定します。

IOUT_OC_FAULT_LIMIT = 30.69Aを入力すると、LTC7132は、IOUT_FAULT_LIMITの表に基づいて、電流制限値を29.62Aに自動的に設定します(詳細については、PMBusコマンドを参照)。

その他の設計チェック

$\overline{\text{FAULT0}}$ と $\overline{\text{FAULT1}}$ 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。

アナログ・デバイスズの他のPSMデバイスがある場合は、RUNピン同士をチップ間で接続して、更にFAULTピン同士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、これらの入力をアナログ・デバイスズの全てのPSMデバイス間で接続するようにしてください。

SHARE_CLKを4.99kの抵抗でV_{DD33}に接続して、このアプリケーションでの全てのアナログ・デバイセス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。

USB-I²C/SMBus/PMBus 間コントローラからシステム内の LTC7132 への接続

アナログ・デバイセズのUSB-I²C/SMBus/PMBusアダプタ(DC1613Aまたは同等品)は、お客様の基板上にあるLTC7132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、LTC7132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、アナログ・デバイセズのI²C/SMBus/PMBusアダプタを介して、1つ以上のLTC7132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46](#)に示します。システム電

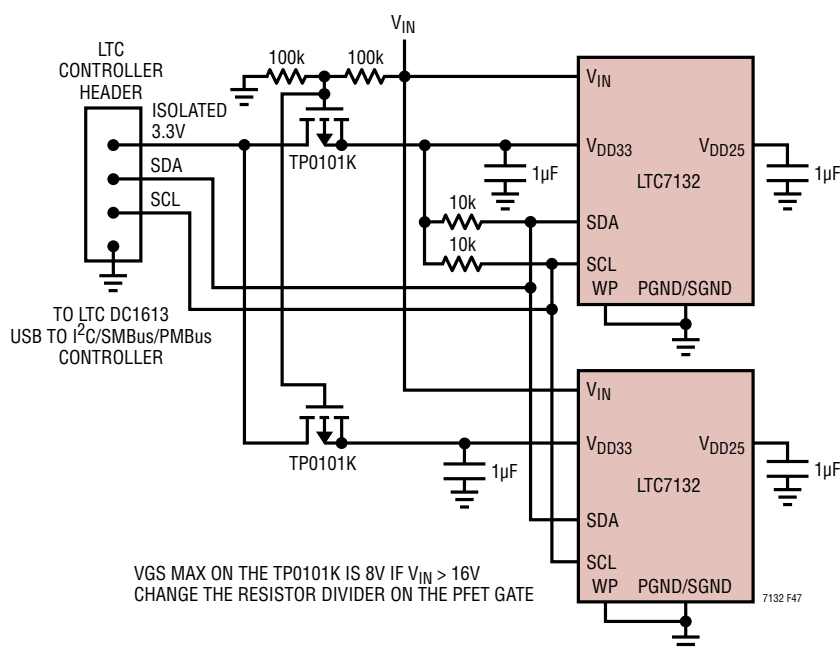


図46. コントローラの接続

アプリケーション情報

源が存在しない場合は、ドングルから V_{DD33} 電源ピンを介して LTC7132 に電力を供給します。 V_{IN} 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、その後にアドレス 0x5B、コマンド 0xBD、およびデータ 0xC4 を使用します。これで、LTC7132 は通信が可能になり、プロジェクト・ファイルを更新できるようになります。更新後のプロジェクト・ファイルを NVM に書き込むため、STORE_USER_ALL コマンドを発行します。 V_{IN} を印加したら、MFR_RESET を発行して PWM 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、OR 接続の 3.3V 電源から電力を供給するのは、LTC7132、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 LTC7132 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_{IN} を印加した場合、DC1613A は基板上の LTC7132 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。

LTC7132 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 LTC7132 の V_{DD33} ピンは、各 LTC7132 で別々の PFET を使用して駆動する必要があります。 V_{IN} と EXT V_{CC} が両方とも印加されていない場合は、内蔵 LDO がオフなので、 V_{DD33} ピンを並列接続してもかまいません。コントローラの 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 INT V_{CC} /EXT V_{CC} ピンを逆駆動します。 V_{IN} がオープンの場合は、このことは通常問題ありません。

LTpowerPlay: デジタル電源用のインタラクティブ GUI

LTpowerPlay (図 47) は Windows ベースの強力な開発環境で、LTC7132 を含むアナログ・デバイセズのデジタル・パワー・システム・マネージメント IC をサポートします。このソフトウェアは様々な作業をサポートします。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 を使用してアナログ・デバイセズの 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 はアナログ・デバイセズの USB-I²C/SMBus/PMBus 間アダプタを使用して、デモ基板 DC2165A、ソケット付きプログラミング基板 DC2666A、お客様のターゲット・システムなど、多くの潜在的ターゲットの 1 つと通信します。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。

www.analog.com/jp/design-center/ltpower-play

PMBus 通信とコマンド処理

LTC7132 は、図 48 「書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

アプリケーション情報

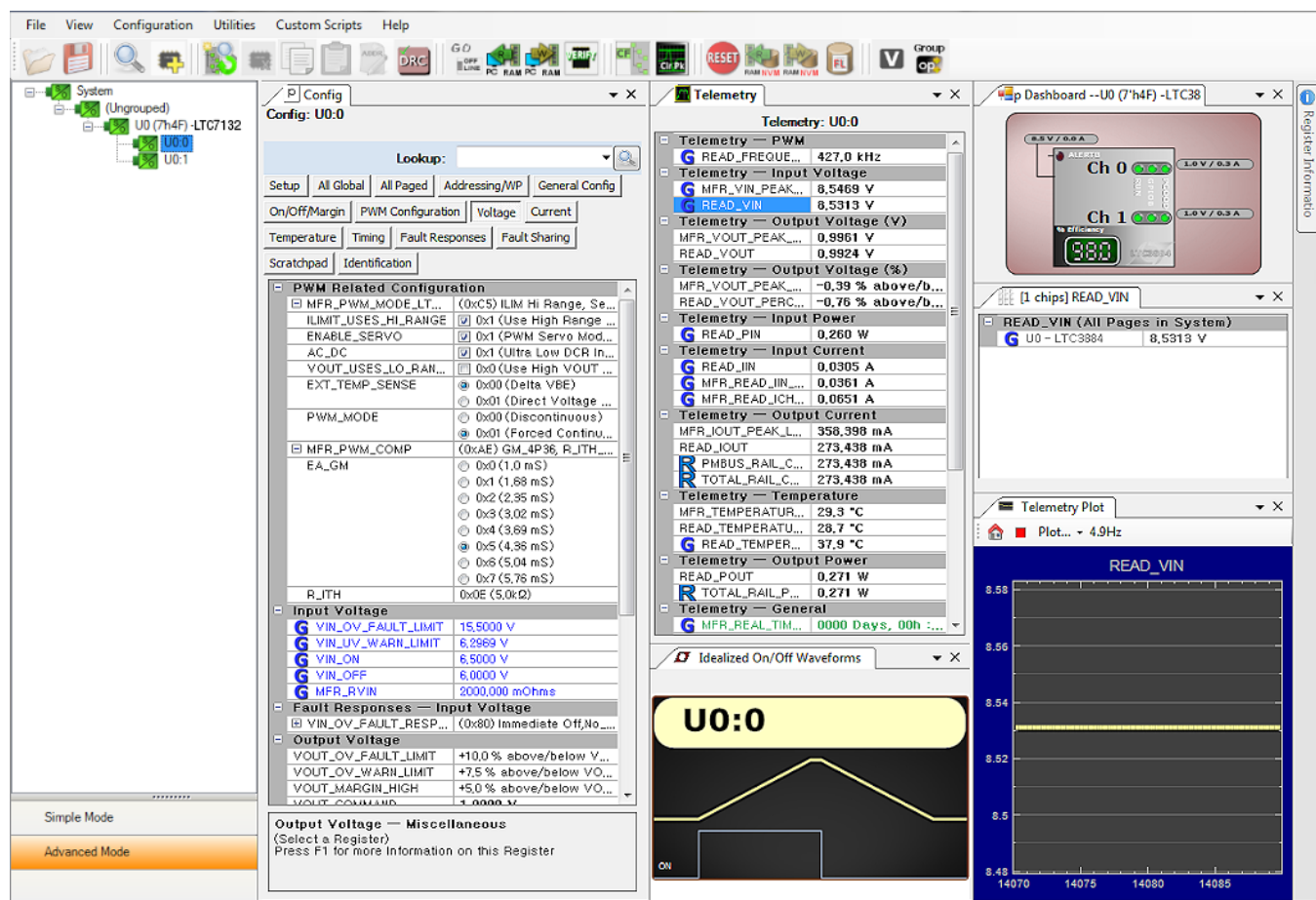


図 47. LTpowerPlay のスクリーン・ショット

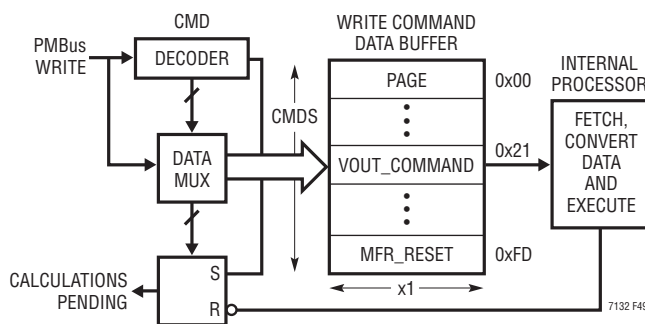


図 48. 書き込みコマンドのデータ処理

アプリケーション情報

```
// wait until chip is not busy
do
{
  mfrCommonValue = PMBUS_READ_BYTE(0xEF);
  partReady = (mfrCommonValue & 0x68) == 0x68;
}while(!partReady)
// now the part is ready to receive the next command
PMBUS_WRITE_WORD(0x21, 0x2000); //write VOUT_COMMAND to
2V
```

図 50. VOUT_COMMAND のコマンド書込みの例

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 50 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。

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。詳細については、『PMBus Specification V1.1, Part II, Section 10.8.7』および『SMBus V2.0 Section 4.3.3』を参照してください。クロック・ストレッチングは、MFR_CONFIG_ALL 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。

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、V_{OUT} 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 / 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 50 に示します。

ビジー動作や不要な ALERT 通知を扱うことによって処理が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 of the セクションを参照してください。

www.analog.com/jp/education.html

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。実際に通信するには、『PMBus Specification V1.1, Part II, Section 10.8.7』に記載された方法で標準の PMBus NACK/BUSY 障害を検出し、正常に回復できるシステム・ソフトウェアが必要です。LTC7132 は、バス速度が 400kHz を超えるアプリケーションでは推奨されません。

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	NVM	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 に設定すると、LTC7132 は、PAGE が 0x00 (チャンネル 0 の結果) に設定されたかのように読出しコマンドに応答します。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

PAGE_PLUS_WRITE

PAGE_PLUS_WRITE コマンドは、デバイス内にページを設定し、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 50 に示します。

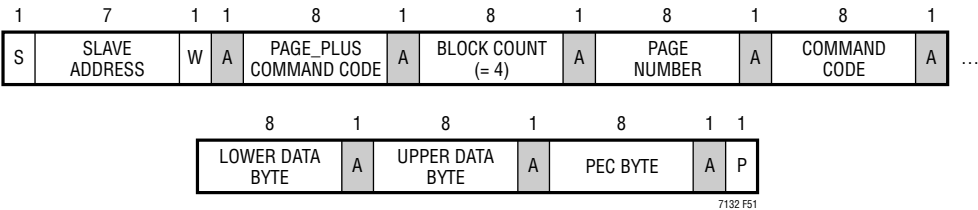


図 50. PAGE_PLUS_WRITE の例

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51に示します。

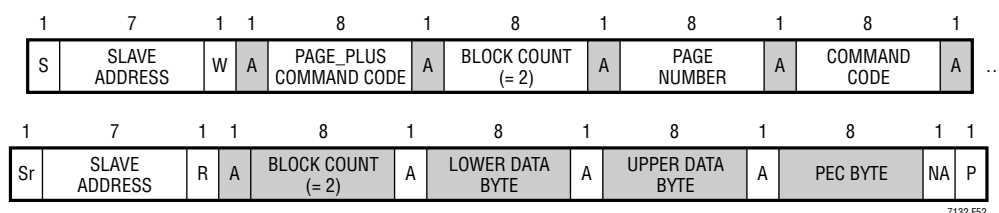


図51. PAGE_PLUS_READ の例

注記：PAGE_PLUS コマンドをネストすることはできません。PAGE_PLUS コマンドは、別の PAGE_PLUS コマンドの読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、LTC7132 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、LTC7132 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します。
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。

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 ピンが高い場合は、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。

PMBus コマンドの詳細

MFR_ADDRESS

MFR_ADDRESS コマンド・バイトは、このデバイスに対して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、LTC7132はNVM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、LTC7132はNVM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、LTC7132はNVMに格納されたMFR_ADDRESS 値の上位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。

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、単一電源レールに接続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、LTC7132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	NVM	デフォルト値
MFR_CHAN_CONFIG	0xD0	チャンネル固有の設定ビット。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x10
MFR_CONFIG_ALL	0xD1	汎用の設定ビット。	R/W Byte	N	Reg		Y	0x21

MFR_CHAN_CONFIG

アナログ・デバイスズ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	このビットを1に設定すると、短周期の認識が有効になります。
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_ALERTなし。FAULTを外部からローにした場合、_ALERTはローにならない。POWER_GOODまたはVOUT_UVUFのいずれかがFAULTに伝搬された場合は、このビットをアサートする。
0	MFR_RETRY_TIMEおよびt _{OFF(MIN)} 処理に関するV _{OUT} の減衰値条件を無効にする。このビットを0に設定すると、障害、OFF/ON コマンド、ハイからロー、更にハイへのRUNの切り替えなど、レールをオフにするどの動作に対しても、出力が事前設定値の12.5%より低い値に減衰する必要がある。

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

デバイスをオフにすることを指定した後にPWMチャンネルをオンに戻す(つまり再起動する)ことを指定した場合で、TOFF_DELAY 状態またはTOFF_FALL 状態を処理している場合は、必ずShortCycle イベントが発生します。PWMチャンネルをオン/オフするには、RUNピンまたはPMBusのOPERATION コマンド、あるいはその両方を使用します。

TOFF_DELAY の間にPWMチャンネルを再起動すると、デバイスは以下の動作を行いません。

- 1.PWMチャンネル出力を直ちにスリーステートにします。
2. $t_{OFF(MIN)}$ で指定されている再試行遅延タイマーを始動します。
3. $t_{OFF(MIN)}$ の時間が経過した後、PWMチャンネルはTON_DELAY 状態に進み、STATUS_MFR_SPECIFIC ビット #1 がアサートされます。

TOFF_FALL の間にPWMチャンネルを再起動すると、デバイスは以下の動作を行いません。

- 1.PWMチャンネル出力の下降を停止します。
- 2.PWMチャンネル出力を直ちにスリーステートにします。
3. $t_{OFF(MIN)}$ で指定されている再試行遅延タイマーを始動します。
4. $t_{OFF(MIN)}$ の時間が経過した後、PWMチャンネルはTON_DELAY 状態に進み、STATUS_MFR_SPECIFIC ビット #1 がアサートされます。

ShortCycle イベントが発生して、ShortCycle MFR_CHAN_CONFIG ビットが設定されていない場合、PWMチャンネルのステート・マシンは、そのTOFF_DELAY とTOFF_FALL の動作を、以前にユーザが指定したように実行します。

MFR_CONFIG_ALL

アナログ・デバイセズ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	『PMBus, Part II, Section 10.9.1』の規格外をマスクします
4	SYNC出力をディスエーブルします
3	255msのPMBusタイムアウトを有効にします
2	PMBusコマンドの書込みには、有効なパケット・エラーのチェック、受け付けられるPECが必要です*
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

*有効なPECバイトがあるPMBusコマンドの書込みは常に処理されます。無効なPECバイトがあるPMBusコマンドの書込みは処理されず、CMLステータス障害が設定されます。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。

オン/オフ/マージン

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
ON_OFF_CONFIG	0x02	RUNピンおよびPMBusバスのオン/オフ・コマンドの設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x1E
OPERATION	0x01	動作モードの制御。オン/オフ、マージン・ハイおよびマージン・ロー。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0x80
MFR_RESET	0xFD	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_ 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。デバイスが MARGIN_LOW/HIGH 状態に保存されると、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 にによって設定された固定の勾配で変化します。デフォルトの動作コマンドはシーケンス・オフです。出荷時のデフォルトのプログラミングによってデバイスに V_{IN} 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応答しません。

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、LTC7132 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、LTC7132 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	NVM	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	0xAE
MFR_PWM_MODE	0xD4	PWM エンジン用の設定。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC7
MFR_PWM_CONFIG	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	425 0xFB52

MFR_PWM_MODE

MFR_PWM_MODE コマンドは、重要な PWM 制御をチャンネルごとに設定します。

MFR_PWM_MODE コマンドを使用すると、PWM コントローラが不連続モード (パルス・スキップ・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	I _{LIMIT} 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: 0: ΔV _{BE} 測定 1: 電圧の直接測定
[4:3]	予備
2	超低 DCR による電流検出をイネーブルします
1	V _{OUT} の範囲
1b	最大出力電圧は 2.75V
0b	最大出力電圧は 5.5V
ビット [0]	モード
0b	不連続
1b	強制連続

このコマンドのビット [7] は、デバイスが IOUT_OC_FAULT_LIMIT コマンドの高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、このビット値を変更しないでください。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書き込むと、CML 障害が発生します。

ビット [6]: LTC7132 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、LTC7132 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、LTC7132 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。

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

PMBus コマンドの詳細

この式では、

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

$$O = \text{MFR_TEMP_1_OFFSET}$$

$$K = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$$

$$q = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

ビット[2]は、デバイスが超低DCRを使用して出力電流を検出するかどうかを決定します。この選択は、過電流制限の観点からは非常に危険です。デバイスの動作中はビット[2]を変更しないことを強く推奨します。

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、このビット値を変更しないでください。チャンネルがアクティブなときにこのビットに書き込むと、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。チャンネルの電圧上昇がオンのときは、このビットの値に関係なく、PWMモードは必ず不連続モードになります。このコマンドは1バイトのデータを伴います。

MFR_PWM_COMP

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

ビット	意味
BIT [7:5]	エラーアンプのGM調整(mS)
000b	0.8
001b	1.3
010b	1.9
011b	2.4
100b	2.9
101b	3.5
110b	4.0
111b	4.6
BIT [4:0]	R_{ITH} (kΩ)
00000b	0
00001b	0.25
00010b	0.5
00011b	0.75
00100b	1
00101b	1.25
00110b	1.5
00111b	1.75
01000b	2
01001b	2.5
01010b	3
01011b	3.5
01100b	4
01101b	4.5

PMBus コマンドの詳細

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

MFR_PWM_CONFIG 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、チャンネル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。

ビット	意味
7	予備。
[6:5]	入力電流検出ゲイン。
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。
4	共有クロックのイネーブル:このビットが1の場合、 $V_{IN} > V_{IN_ON}$ になるまでSHARE_CLKピンは解放されません。 $V_{IN} < V_{IN_OFF}$ 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、 $V_{IN} < V_{IN_OFF}$ のときにSHARE_CLKピンはローになりません。ただし、 V_{IN} の初期アプリケーションを除きます。

BIT [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

PMBus コマンドの詳細

FREQUENCY_SWITCH

FREQUENCY_SWITCH コマンドは、全てのスイッチング周波数を 250kHz ～ 1MHz の範囲内に設定します。

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、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。

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	NVM	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	15.5 0xD3E0
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
MFR_RVIN	0xF7	V _{IN} ピンのフィルタ素子の抵抗値 (mΩ)。	R/W Word	N	L11	mΩ	Y	1000 0x03E8

VIN_OV_FAULT_LIMIT

VIN_OV_FAULT_LIMIT コマンドは、ADC によって測定された入力電圧に対して、入力過電圧障害を引き起こす入力電圧の値 (V) 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。

VIN_UV_WARN_LIMIT

VIN_UV_WARN_LIMIT コマンドは、ADC によって測定された入力電圧に対して、入力低電圧警告を引き起こす入力電圧の値を設定します。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。V_{IN} の電圧が VIN_OV_WARN_LIMIT より低くなると、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 V_{IN} 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

VIN_OFF

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

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

MFR_RVIN

MFR_RVIN コマンドは、V_{IN} ピンのフィルタ素子の抵抗値(mΩ)を設定するときに使用します(READ_VIN も参照)。フィルタ素子を使用しない場合は、MFR_RVIN を0に設定してください。

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。

出力電圧とリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
VOUT_MODE	0x20	出力電圧のフォーマットおよび指数(2 ⁻¹²)。	R Byte	Y	Reg			2 ⁻¹² 0x14
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	2.75 0x2C00
VOUT_OV_FAULT_LIMIT	0x40	出力過電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.1 0x119A
VOUT_OV_WARN_LIMIT	0x42	出力過電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.075 0x1133
VOUT_MARGIN_HIGH	0x25	マージン・ハイの出力電圧設定値。VOUT_COMMAND より大きくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.05 0x10CD
VOUT_COMMAND	0x21	公称の出力電圧設定値。	R/W Word	Y	L16	V	Y	1.0 0x1000
VOUT_MARGIN_LOW	0x26	マージン・ローの出力電圧設定値。VOUT_COMMAND より小さくする必要があります。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.95 0x0F33
VOUT_UV_WARN_LIMIT	0x43	出力低電圧警告のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.925 0x0ECD
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	0x44	出力低電圧障害のリミット。	R/W Word	Y	L16	V	Y	0.9 0x0E66
MFR_VOUT_MAX	0xA5	許容最大出力電圧。	R Word	Y	L16	V		5.7 0x5B33

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5.8Vです。LTC7132が発生できる最大出力電圧は、VOUT_MARGIN_HIGH を含めて5.5Vです。ただし、VOUT_OV_FAULT_LIMIT は5.7Vまで指定できます。

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

PMBus コマンドの詳細

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。

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。この待ち時間が受け付けられず、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、望ましくない動作やスイッチャへの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、FAULT ピンはアサートされません。LTC7132 は TG をローにして、過電圧状態が検出されるとすぐに BG ビットをアサートします。

このコマンドは 2 バイトのデータを伴い、Linear_16u フォーマット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。このリミットを超えたかどうかを判別するのに MFR_VOUT_PEAK の値を使用できます。

VOUT_OV_WARN_LIMIT を超えた場合にに応じて、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 過電圧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

この状態は ADC によって検出されるので、応答時間は最大で t_{CONVERT} 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 5.5V 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

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 5.5V 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_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 を超えた場合に依じて、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 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。

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_MODE のビット 1 を 0 に設定) した場合、MFR_VOUT_MAX は 5.5V になります。出力電圧を低範囲に設定 (MFR_PWM_MODE のビット 1 を 1 に設定) した場合、MFR_VOUT_MAX は 2.75V 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。

PMBus コマンドの詳細

出力電流とリミット

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
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	Y	L11	mΩ	Y	0.32 0xAA8F
MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC	0xF6	電流検出素子の温度係数。	R/W Word	Y	CF		Y	3900 0x0F3C
IOUT_OC_FAULT_LIMIT	0x46	出力過電流障害のリミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	45.0 0xE2D0
IOUT_OC_WARN_LIMIT	0x4A	出力過電流警告のリミット。	R/W Word	Y	L11	A	Y	34.0 0xE230

IOUT_CAL_GAIN

IOUT_CAL_GAIN コマンドは、電流検出抵抗の抵抗値 (mΩ) を設定するときに使用します (MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC 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。

MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC

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

このコマンドは 2 バイトのデータを伴い、16 ビットの 2 の補数形式の整数 ppm でフォーマットが設定されています。N = -32768 ~ 32767 • 10⁻⁶ です。公称温度は 27°C です。IOUT_CAL_GAIN に次項を掛けます。

$$[1.0 + \text{MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC} \cdot (\text{READ_TEMPERATURE_1-27})]$$

DCR 検出での代表値は 3900 です。

IOUT_CAL_GAIN および MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC は、READ_IOUT、MFR_IOUT_PEAK、IOUT_OC_FAULT_LIMIT、および IOUT_OC_WARN_LIMIT を含む全ての電流パラメータに影響を与えます。

IOUT_OC_FAULT_LIMIT

IOUT_OC_FAULT_LIMIT コマンドは、ピーク出力電流制限値 (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。次の表に、I_{SENSE}⁺ と I_{SENSE}⁻ の間のプログラム可能なピーク出力電流制限値 (mV) を示します。電流制限の実際の値は (I_{SENSE}⁺ - I_{SENSE}⁻) / IOUT_CAL_GAIN (A) です。

PMBus コマンドの詳細

CODE	MFR_PWM_MODE[2] = 1 (Sub-milli Ω DCR) RC = L/(5 • DCR)		MFR_PWM_MODE[2] = 0 (Normal Value of DCR) RC = L/(DCR)	
	MFR_PWM_MODE[7]=1 High Current Range V_{ILIMIT} (mV)	MFR_PWM_MODE[7]=0 Low Current Range V_{ILIMIT} (mV)	MFR_PWM_MODE[7]=1 High Current Range V_{ILIMIT} (mV)	MFR_PWM_MODE[7]=0 Low Current Range V_{ILIMIT} (mV)
0000	15.45	8.59	38.64	21.46
0001	16.59	9.22	41.48	23.04
0010	17.73	9.85	44.32	24.62
0011	18.86	10.48	47.16	26.20
0100	20.42	11.34	51.04	28.36
0101	21.14	11.74	52.84	29.36
0110	22.27	12.37	55.68	30.93
0111	23.41	13.01	58.52	32.51
1000	24.55	13.64	61.36	34.09
1001	25.68	14.27	64.20	35.67
1010	26.82	14.90	67.05	37.25
1011	27.95	15.53	69.89	38.83
1100	29.5	16.5	74.5	41.38
1101	30.23	16.79	75.57	41.98
1110	31.36	17.42	78.41	43.56
1111	32.50	18.06	81.25	45.14

注記: V_{ILIMIT} の値は IOUT_OC_FAULT_LIMIT を計算するのに使用されます。

注記: これは電流波形のピークです。READ_IOUT コマンドは平均電流を返します。ピーク出力電流制限値は、次式を使用して、MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC に基づく温度で調整されます。
ピーク電流制限値 = IOUT_CAL_GAIN • (1 + MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC • (READ_TEMPERATURE_1 - 27.0))

LTC7132 は、電流を適切な内部ビット値に自動的に変換します。

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

IOUT_OC_FAULT_LIMIT は、TON_RISE および TOFF_FALL の間は無視されます。

IOUT_OC_FAULT_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 IOUT ビットを設定する
- STATUS_IOUT の IOUT 過電流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

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。

IOUT_OC_WARN_LIMIT

このコマンドは、ADC によって測定された出力電流に対して、出力過電流警告を引き起こす出力電流の値 (A) 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_IOUT の値が使用されます。

IOUT_OC_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 IOUT ビットを設定する
- STATUS_IOUT コマンドの IOUT 過電流警告ビットを設定する

PMBus コマンドの詳細

- マスクされていない限り、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

IOUT_OC_FAULT_LIMIT は、TON_RISE および TOFF_FALL の間は無視されます。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマット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	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_IIN_CAL_GAIN	0xE8	入力電流検出素子の抵抗値(mΩ)。	R/W Word	L11	mΩ	Y	5.000 0xCA80

MFR_IIN_CAL_GAIN

MFR_IIN_CAL_GAIN コマンドは、入力電流検出抵抗の抵抗値(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。

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
IIN_OC_WARN_LIMIT	0x5D	入力過電流警告のリミット。	R/W Word	N	L11	A	Y	10.0 0xD280

IIN_OC_WARN_LIMIT

IIN_OC_WARN_LIMIT コマンドは、ADCによって測定された入力電流において、入力電流が多いことを示す警告を引き起こす入力電流の値(A)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_IIN の値が使用されます。

IIN_OC_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 OTHER 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 IIN 過電流警告ビット[1]を設定する
- $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

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	NVM	デフォルト値
MFR_TEMP_1_GAIN	0xF8	外部温度センサーの勾配を設定します。	R/W Word	Y	CF		Y	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

PMBus コマンドの詳細

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	NVM	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。

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 を超えた場合に依じて、デバイスの動作は以下ようになります。

- 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。

PMBus コマンドの詳細

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。

注記: 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、ALERT がアサートされないようにしてください。

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

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	NVM	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 270µs になり、TON_DELAY の全ての値に対して ±50µs の不確かさがあります。

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。

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、LTC7132 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。

PMBus コマンドの詳細

TON_MAX_FAULT_LIMIT

TON_MAX_FAULT_LIMIT コマンドは、出力低電圧障害のリミットに達することなく、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。

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、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。

タイミグーオフ・シーケンス/ランプ

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
TOFF_DELAY	0x64	RUN または OPERATION 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。

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 時間の場合は、デバイスを連続導通モードに設定してください。最大値をロードすると、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、その不確かさは ±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。

PMBus コマンドの詳細

TOFF_MAX_WARN_LIMIT

TOFF_MAX_WARN_LIMIT コマンドは、出力電圧が事前設定電圧の 12.5% を超えてから警告がアサートされるまでの時間をミリ秒単位で設定します。V_{OUT} の電圧が VOUT_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ます。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、出力電圧が事前設定電圧の 12.5% を無期限に超え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。

再起動の前提条件

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_RESTART_DELAY	0xDC	LTC7132 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。

注記：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 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、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。

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	NVM	デフォルト値
MFR_RETRY_DELAY	0xDB	FAULT 再試行モード時の再試行間隔。	R/W Word	Y	L11	ms	Y	350 0xFABC

MFR_RETRY_DELAY

このコマンドは、障害応答の目的がコントローラの再試行を指定の時間間隔で行うことである場合、再試行間の時間をミリ秒単位で設定します。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 (10μs 刻み) です。

注記：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 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。

PMBus コマンドの詳細

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	NVM	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	0x80

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 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。

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	NVM	デフォルト値
VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	0x41	出力過電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	0x45	出力低電圧障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
TON_MAX_FAULT_RESPONSE	0x63	TON_MAX_FAULT イベントが検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力過電圧障害に対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 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 OV プルダウンのみ (つまり OV_PULLDOWN) を実行します。

0x80: デバイスはシャットダウン (出力をディスエーブル) して、再試行しようとしません (PMBus, Part II, Section 10.7)。

PMBus コマンドの詳細

0xB8：デバイスはシャットダウン(出力をディスエーブル)して、(RUNピンまたはOPERATION コマンド、あるいはその両方によって)オフするよう指示されるか、バイアス電源が取り外されるか、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。

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

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTC7132 は以下のように動作します。 - 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。 - 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。 - LTC7132 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OVプルダウンのみまたはOV_PULLDOWNを実行します(すなわち、 V_{OUT} が $V_{\text{OUT_OV_FAULT}}$ よりも高いときは上側 MOSFET をオフして下側 MOSFET をオンします)。
		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。注記: 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	$10\mu\text{s}$ 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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

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
- 5) IOUT_OC_FAULT_LIMIT が存在しない

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

UV 障害および警告は、TON_RISE および TOFF_FALL シーケン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。

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、LTC7132 は以下のように動作します。 • 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。 • 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]) 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ます。注記：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。

PMBusコマンドの詳細

TON_MAX_FAULT_RESPONSE

TON_MAX_FAULT_RESPONSE コマンドは、TON_MAX 障害に対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、 $\overline{\text{ALERT}}$ ピンをアサートすることにより、ホストに通知する

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。

注記: PWM チャンネルは TON_MAX_FAULT_LIMIT を超えるまで不連続モードのままです。

このコマンドは 1 バイトのデータを伴います。

出力電流に対する障害応答

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

IOUT_OC_FAULT_RESPONSE

IOUT_OC_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力過電流障害に対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、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_BYTE の IOUT_OC ビットを設定する
- STATUS_WORD の IOUT ビットを設定する
- STATUS_IOUT コマンドの IOUT 過電流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

表 9. IOUT_OC_FAULT_RESPONSE のデータ・バイトの内容

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット[7:6]の全ての値に対して、LTC7132は以下のように動作します。 • 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。 • 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	LTC7132は、出力電圧に関係なく、IOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値に出力電流を維持しつつ、無期限に動作を継続します(定電流制限または垂下型制限として知られます)。
		01	サポートされていません。
		10	LTC7132は動作を継続し、出力電圧に関係なく、ビット[2:0]で指定された遅延時間にわたって、IOUT_OC_FAULT_LIMIT によって設定された値に出力電流を維持します。遅延時間の終了時にデバイスがまだ電流制限状態で動作している場合、デバイスはビット[5:3]での再試行設定でプログラムしたとおりに応答します。
		11	LTC7132は直ちにシャットダウンし、ビット[5:3]での再試行設定でプログラムしたとおりに応答します。
5:3	再試行設定	000	デバイスは再起動しようとしません。RUN ピンのロー／ハイを切り替えるか、バイアス電源を取り外すことによって障害状態を解消するまで、出力はディスエーブルされたままになります。
		111	デバイスは、(RUN ピンまたは OPERATION コマンド、あるいはその両方によって) 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、制限なく再起動し続けようとしています。注記：再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	000~111	16ms 刻みでの遅延時間単位の数。この遅延時間を使用して、障害検出後、デバイスがシャットダウンするまで動作を継続する時間を求めます。グリッチの除去されたオフ応答の場合にのみ有効。

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	NVM	デフォルト値
MFR_OT_FAULT_RESPONSE	0xD6	内部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R Byte	N	Reg			0xC0

MFR_OT_FAULT_RESPONSE

MFR_OT_FAULT_RESPONSE コマンド・バイトは、内部過熱障害に対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、LTC7132 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 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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

表 10. 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、LTC7132 は以下のように動作します。 • 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。 • 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。 • LTC7132 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るが、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	NVM	デフォルト値
OT_FAULT_RESPONSE	0x50	外部過熱障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8
UT_FAULT_RESPONSE	0x54	外部低温障害が検出されたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xB8

OT_FAULT_RESPONSE

OT_FAULT_RESPONSE コマンドは、外部温度センサー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 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

PMBus コマンドの詳細

この状態はADCによって検出されるので、応答時間は最大で t_{CONVERT} 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 11. データ・バイトの内容: TON_MAX_FAULT_RESPONSE、VIN_OV_FAULT_RESPONSE、OT_FAULT_RESPONSE、UT_FAULT_RESPONSE

ビット	説明	値	意味
7:6	応答 ビット [7:6] の全ての値に対して、LTC7132 は以下のように動作します。 - 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。 - 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。注記: 再試行間隔は MFR_RETRY_DELAY コマンドによって設定されます。
2:0	遅延時間	XXX	サポートされていません。値は無視されます。

障害信号の共有

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	NVM	デフォルト値
MFR_FAULT_PROPAGATE	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

MFR_FAULT_PROPAGATE コマンド $\overline{\text{FAULT}}_n$ 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 12 に示すとおりです。障害信号を $\overline{\text{FAULT}}_n$ 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。

PMBus コマンドの詳細

表 12. 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す。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	シンボル	動作
B[15]	VOUT disabled while not decayed.	MFR_CHAN_CONFIG LTC7132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 $t_{OFF(MIN)}$ 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た場合、動作なし 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]	Reserved	
b[11]	Mfr_fault0_propagate_int_ot Mfr_fault1_propagate_int_ot	0: MFR_OT_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、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]	Reserved	
b[9]	Reserved	
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た場合、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。 FAULT ₀ はPAGE 0のUT 障害に対応付けられます。 FAULT ₁ 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た場合、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。 FAULT ₀ はPAGE 0のOT 障害に対応付けられます。 FAULT ₁ はPAGE 1のOT 障害に対応付けられます。
b[6]	Reserved	
b[5]	Reserved	
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た場合、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]	Reserved	
b[2]	Mfr_fault0_propagate_iout_oc Mfr_fault1_propagate_iout_oc	0: IOUT_OC_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、何も動作しません。 1: IOUT_OC_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。 FAULT ₀ はPAGE 0のOC 障害に対応付けられます。 FAULT ₁ はPAGE 1のOC 障害に対応付けられます。
b[1]	Mfr_fault0_propagate_vout_uv Mfr_fault1_propagate_vout_uv	0: VOUT_UV_FAULT_LIMIT 障害信号がアサートされた場合、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。 FAULT ₀ はPAGE 0のUV 障害に対応付けられます。 FAULT ₁ 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た場合、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。 FAULT ₀ はPAGE 0のOV 障害に対応付けられます。 FAULT ₁ はPAGE 1のOV 障害に対応付けられます。

PMBus コマンドの詳細

障害共有信号の応答

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	NVM	デフォルト値
MFR_FAULT_RESPONSE	0xD5	FAULT ピンがローにアサートされたときのデバイスの動作。	R/W Byte	Y	Reg		Y	0xC0

MFR_FAULT_RESPONSE

MFR_FAULT_RESPONSE コマンドは、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ ピンが外部信号源によってローに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: LTC7132 は、 $\overline{\text{FAULT}}_n$ 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: LTC7132 は中断せずに動作を続けます。

また、デバイスの動作は以下のようになります。

- STATUS_WORD の MFR 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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	NVM	デフォルト値
USER_DATA_00	0xB0	OEM の予備。通常は製品のシリアル番号付与に使用します。	R/W Word	N	Reg		Y	NA
USER_DATA_01	0xB1	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 NVM ワード。	R/W Word	Y	Reg		Y	0x0000
USER_DATA_04	0xB4	使用可能な NVM 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います。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。

PMBus コマンドの詳細

識別情報

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
PMBus_REVISION	0x98	このデバイスがサポートする PMBus のリビジョン。現在のリビジョンは 1.2 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	LTC7132 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			LTC7132
MFR_SPECIAL_ID	0xE7	LTC7132 を表すメーカー・コード	R Word	N	Reg			0x4C0X

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。LTC7132 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。

LTC7132 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、LTC7132 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、LTC7132 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。0x4C はデバイスが LTC7132 であることを示します。XX はメーカーによって調整可能です。

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。

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	NVM	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	See CMD Details
MFR_CLEAR_PEAKS	0xE3	全てのピーク値をクリアします。	Send Byte	Y				NA
STATUS_BYTE	0x78	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_IOUT	0x7B	出力電流の障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_INPUT	0x7C	入力電源の障害および警告のステータス。	R/W Byte	N	Reg			NA
STATUS_TEMPERATURE	0x7D	READ_TEMPERATURE_1の外部温度障害および警告のステータス。	R/W Byte	Y	Reg			NA
STATUS_CML	0x7E	通信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	複数のアナログ・デバイス・チップに共通するメーカー・ステータス・ビット。	R Byte	N	Reg			NA

CLEAR_FAULTS

CLEAR_FAULTS コマンドを使用して、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ALERTピンの信号をアサートしている場合、デバイスはその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10μs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した場合
- 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

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ALERTをアサートしないようにすることができます。

図52に、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_

PMBus コマンドの詳細

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 53 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_LTC7132 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キング設定を以下に示します。サポートされていないコマンド・コードを SMBALERT_MASK に設定すると、無効なデータ／サポートされていないデータに対して CML が生成されます。

SMBALERT_MASK のデフォルト設定: (図 2 も参照)

STATUS RESISTER	ALERT Mask Value	MASKED BITS
STATUS_VOUT	0x00	None
STATUS_IOUT	0x00	None
STATUS_TEMPERATURE	0x00	None
STATUS_CML	0x00	None
STATUS_INPUT	0x00	None
STATUS_MFR_SPECIFIC	0x11	Bit 4 (internal PLL unlocked), bit 0 ($\overline{\text{FAULT}}$ pulled low by external device)

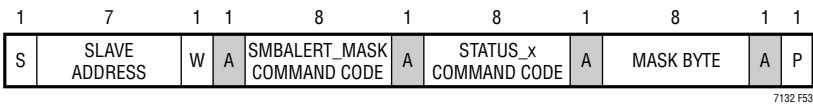


図 52. SMBALERT_MASK 書込みの例

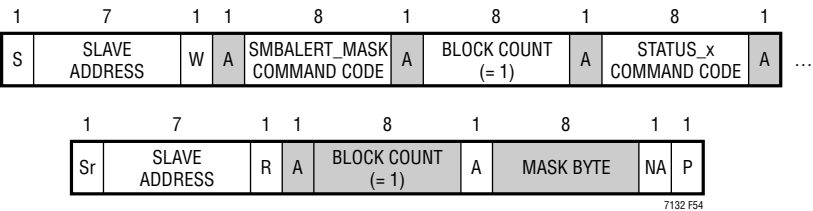


図 53. SMBALERT_MASK 読出しの例

MFR_CLEAR_PEAKS

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

PMBus コマンドの詳細

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	LTC7132 が応答できないので、障害が宣言されました。
6	OFF	このビットは、単にイネーブルされない場合も含めて、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	出力過電流障害が発生しました。
3	VIN_UV	サポートされていません (LTC7132 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}	出力電流障害または警告が発生しました。
13	INPUT	入力電圧障害または警告が発生しました。
12	MFR_SPECIFIC	LTC7132 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 状態は正しくありません。
10	FANS	サポートされていません (LTC7132 は 0 を返します)。
9	OTHER	サポートされていません (LTC7132 は 0 を返します)。
8	UNKNOWN	サポートされていません (LTC7132 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。

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 (LTC7132 は 0 を返します)。

PMBus コマンドの詳細

このコマンドのいずれかのビットに1を書き込んで、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。

STATUS_IOUT

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

STATUS_IOUT のメッセージの内容:

ビット	意味
7	IOUT の過電流障害。
6	サポートされていません (LTC7132 は0を返します)。
5	IOUT の過電流警告。
4:0	サポートされていません (LTC7132 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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。

STATUS_INPUT

STATUS_INPUT コマンドは、1バイトの VIN (VINSNS) 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	VIN の過電圧障害。
6	サポートされていません (LTC7132 は0を返します)。
5	VIN の低電圧警告。
4	サポートされていません (LTC7132 は0を返します)。
3	VIN が不十分なためデバイスがオフ。
2	サポートされていません (LTC7132 は0を返します)。
1	IN の過電流警告。
0	サポートされていません (LTC7132 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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、 $\overline{\text{ALERT}}$ 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 (LTC7132 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 (LTC7132 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 (LTC7132 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、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 NVM CRC 障害。
4	PLL の同期が外れました。
3	障害ログが存在します。
2	V _{DD33} の UV 障害または OV 障害。
1	ShortCycle イベントが検出されました。
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 LTC7132 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	LTC7132 は RUN1 をローに駆動
6	LTC7132 は RUN0 をローに駆動
5	RUN1 ピンの状態
4	RUN0 ピンの状態
3	LTC7132 は FAULT1 をローに駆動
2	LTC7132 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。

この読み出し専用コマンドは 2 バイトのデータを伴います。

PMBus コマンドの詳細

MFR_COMMON

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

ビット	意味
7	チップはALERTをローに駆動していません
6	LTC7132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	LTC7132の出力は遷移中ではありません
3	NVMは初期化済み
2	予備
1	SHARE_CLKのタイムアウト
0	WPピンのステータス

この読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 コマンドは、LTC7132に固有で、アナログ・デバイセズの複数のPSM製品に共通する補助ステータス・ビットを持っています。

MFR_INFO のデータの内容

ビット	意味
15:5	予備。
4	EEPROMのECCステータス。 0:EEPROMのユーザ領域で訂正が行われます。 1:EEPROMのユーザ領域で訂正が行われません。
3:0	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バルク読出し動作がそれぞれ行われた後に、EEPROMのECCの状態が更新されます。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	NVM	デフォルト値
READ_VIN	0x88	測定された入力電源電圧。	R Word	N	L11	V		NA
READ_IIN	0x89	測定された入力電源電流。	R Word	N	L11	A		NA
READ_VOUT	0x8B	測定された出力電圧。	R Word	Y	L16	V		NA
READ_IOUT	0x8C	測定された出力電流。	R Word	Y	L11	A		NA
READ_TEMPERATURE_1	0x8D	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 スイッチング周波数。	R Word	Y	L11	Hz		NA
READ_POUT	0x96	計算による出力電力。	R Word	Y	L11	W		NA
READ_PIN	0x97	計算による入力電力。	R Word	N	L11	W		NA
MFR_PIN_ACCURACY	0xAC	READ_PIN コマンドの精度を返します。	R Byte	N		%		5.0%
MFR_IOUT_PEAK	0xD7	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_IOUT の最大測定値を報告します。	R Word	Y	L11	A		NA
MFR_VOUT_PEAK	0xDD	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_VOUT の最大測定値。	R Word	Y	L16	V		NA
MFR_VIN_PEAK	0xDE	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_VIN の最大測定値。	R Word	N	L11	V		NA
MFR_TEMPERATURE_1_PEAK	0xDF	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での外部温度 (READ_TEMPERATURE_1) の最大測定値。	R Word	Y	L11	C		NA
MFR_READ_IIN_PEAK	0xE1	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での READ_IIN コマンドの最大測定値。	R Word	N	L11	A		NA
MFR_READ_ICHIP	0xE4	LTC7132 が使用する測定電流。	R Word	N	L11	A		NA
MFR_TEMPERATURE_2_PEAK	0xF4	最後の MFR_CLEAR_PEAKS 以降での内部ダイ温度のピーク値。	R Word	N	L11	C		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	N	Reg		NA
MFR_REAL_TIME	0xFB	48 ビット共有クロック・カウンタの値。	R Block	N	CF			NA

READ_VIN

READ_VIN コマンドは V_{IN} ピンの測定電圧に $READ_ICHP \cdot MFR_RVIN$ を加算した値 (V) を返します。これにより、LTC7132 の電源電流による、 V_{IN} フィルタ素子両端での IR 電圧降下が補償されます。

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。

READ_VOUT

READ_VOUT コマンドは、VOUT_MODE コマンドによって測定された出力電圧を返します。

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_IIN

READ_IIN コマンドは、入力電流検出抵抗の両端で測定された入力電流 (A) を返します (MFR_IIN_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_IOUT

READ_IOUT コマンドは平均出力電流 (A) を返します。IOUT の値は以下の値の関数です。

- a) I_{SENSE} ピンの両端で測定された差動電圧
- b) IOUT_CAL_GAIN の値
- c) MFR_IOUT_CAL_GAIN_TC の値
- d) READ_TEMPERATURE_1 の値
- e) MFR_TEMP_1_GAIN および MFR_TEMP_1_OFFSET の値

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_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 LTC7132 のダイ温度 (°C) 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_FREQUENCY

READ_FREQUENCY コマンドは、PWM スイッチング周波数の読出し値 (kHz) 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、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出し値 (W) です。POUT は、出力電圧と出力電流の最新の相関読出し値に基づいて計算されます。

この読出し専用コマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマット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出し値 (W) です。PIN は、入力電圧と入力電流の最新の読出し値に基づいて計算されます。

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

MFR_PIN_ACCURACY

MFR_PIN_ACCURACY コマンドは、READ_PIN コマンドによって返された値の精度 (%) を返します。

1 バイトのデータがあります。値は1ビットにつき0.1%で、±0.0% ~ ±25.5% の範囲が得られます。

この読出し専用コマンドは1バイトのデータを伴い、符号なしの整数としてフォーマットが設定されています。

PMBus コマンドの詳細

MFR_IOUT_PEAK

MFR_IOUT_PEAK コマンドは、READ_IOUT 測定 of 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_VOUT_PEAK

MFR_VOUT_PEAK コマンドは、READ_VOUT 測定 of 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 of 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。

MFR_TEMPERATURE_1_PEAK

MFR_TEMPERATURE_1_PEAK コマンドは、READ_TEMPERATURE_1 測定 of 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_READ_IIN_PEAK

MFR_READ_IIN_PEAK コマンドは、READ_IIN 測定 of 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_READ_ICHIP

MFR_READ_ICHIP コマンドは、LTC7132 が使用した入力電流測定値 (A) を返します。

このコマンドは2バイトのデータを伴い、Linear_5s_11s フォーマット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 of 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_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代表的な遅延時間の t_{CONVERT} 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

PMBus コマンドの詳細

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セーブルされます。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_IOUT	チャンネル1が出力電流を測定
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_IOUT	チャンネル0が出力電流を測定
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_IIN	測定された入力電源電流
0x02	MFR_READ_ICHIP	LTC7132の電源電流測定値
0x01	READ_VIN	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、LTC7132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_REAL_TIME

MFR_REAL_TIME コマンドは、デバイスのリアルタイム・クロックの値で、その分解能は200μs です。この値は共有クロックと同期します。PMBus ブロック読出しのフォーマットは次のとおりです。

MFR_REAL_TIME のフォーマット

バイト	ビット	説明
0		ブロック読出しの長さ (6 で固定)
1	[7:0]	48ビットのリアルタイム・クロック値のLSB
2	[15:8]	
3	[23:16]	
4	[31:24]	
5	[39:32]	
6	[47:40]	48ビットのリアルタイム・クロック値のMSB

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。長さは6になります。このコマンドの値は、通常は25msごとに更新されます。

PMBus コマンドの詳細

NVM メモリ・コマンド

格納／再生

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
STORE_USER_ALL	0x15	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から再生します。	Send Byte	N				NA
MFR_COMPARE_USER_ALL	0xF0	電流コマンドの内容をNVMと比較します。	Send Byte	N				NA

STORE_USER_ALL

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

ダイ温度が 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。

LTC7132 との通信および NVM のプログラミングを開始できるのは、EXTV_{CC} または VDD33 が供給されていて、VIN を印加していない場合です。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、LTC7132 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 NVM に書き込むため、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。

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。

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 LTC7132 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。LTC7132 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。

ダイ温度が 130°C を超え、125°C より低くなるまで、ダイは再イネーブルされない場合、STORE_USER_ALL、MFR_COMPARE_USER_ALL、および RESTORE_USER_ALL コマンドは無効になります。

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。

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 ビット 0 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。

PMBus コマンドの詳細

障害ログ

コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_FAULT_LOG	0xEE	障害ログのデータ・バイト。	R Block	N	CF		Y	NA
MFR_FAULT_LOG_STORE	0xEA	RAMからEEPROMへの障害ログの転送を命令します。	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

MFR_FAULT_LOG

MFR_FAULT_LOG コマンドを使用すると、MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドが最後に書き込まれて以降、初めて障害が発生した後に FAULT_LOG の内容を読み出すことができます。このコマンドの内容は不揮発性メモリに格納され、MFR_FAULT_LOG_CLEAR コマンドによってクリアされます。このコマンドの長さとは内容は表 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。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。

注記: 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。

この読み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 NVM に強制的に書き込みます。MFR_CONFIG_ALL コマンドのビット 7「障害ログを有効にする」が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。

ダイ温度が 130°C を超えた場合、IC の温度が 125°C より低くなるまで MFR_FAULT_LOG_STORE コマンドは無効になります。

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。

表 13. 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 1.2, Part 2, section 7.1
				LIN 16 = PMBus Rev 1.2, Part 2, section 8。仮数部のみ
				BYTE = このコマンドの定義に従って解釈された 8 ビット
データ	ビット	データ・フォーマット	バイト数	ブロック読み出しコマンド
Block Length		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				
Fault Log Preface	[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	
Fault Source	[7:0]	Reg	4	表 13a 参照。

PMBus コマンドの詳細

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_IOUT_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_IOUT のピーク値。
	[7:0]		16	
MFR_IOUT_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_IOUT 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 LTC7132 のダイ温度センサー。
	[7:0]		26	

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_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	31	
	[7:0]	LIN 11	32	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	33	
	[7:0]	LIN 11	34	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	35	
	[7:0]	LIN 11	36	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	37	
	[7:0]	LIN 11	38	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	39	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	40	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	41	
	[7:0]	WORD	42	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	43	
	[7:0]	WORD	44	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	45	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	46	

PMBus コマンドの詳細

イベント n-1 (障害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_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	51	
	[7:0]	LIN 11	52	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	53	
	[7:0]	LIN 11	54	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	55	
	[7:0]	LIN 11	56	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	57	
	[7:0]	LIN 11	58	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	59	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	60	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	61	
	[7:0]	WORD	62	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	63	
	[7:0]	WORD	64	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	65	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	66	
*				
*				
*				
イベント n-5 (最も古い記録データ)				
READ_VOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 16	127	
	[7:0]	LIN 16	128	
READ_VOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 16	129	
	[7:0]	LIN 16	130	
READ_IOUT (PAGE 0)	[15:8]	LIN 11	131	
	[7:0]	LIN 11	132	
READ_IOUT (PAGE 1)	[15:8]	LIN 11	133	
	[7:0]	LIN 11	134	
READ_VIN	[15:8]	LIN 11	135	
	[7:0]	LIN 11	136	
READ_IIN	[15:8]	LIN 11	137	
	[7:0]	LIN 11	138	
STATUS_VOUT (PAGE 0)		BYTE	139	
STATUS_VOUT (PAGE 1)		BYTE	140	
STATUS_WORD (PAGE 0)	[15:8]	WORD	141	
	[7:0]	WORD	142	
STATUS_WORD (PAGE 1)	[15:8]	WORD	143	
	[7:0]	WORD	144	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 0)		BYTE	145	
STATUS_MFR_SPECIFIC (PAGE 1)		BYTE	146	

PMBus コマンドの詳細

表 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
0x01	VOUT_OV_FAULT
0x02	VOUT_UV_FAULT
0x03	IOUT_OC_FAULT
0x05	TEMP_OT_FAULT
0x06	TEMP_UT_FAULT
0x07	VIN_OV_FAULT
0x0A	MFR_TEMP_2_OT_FAULT

MFR_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

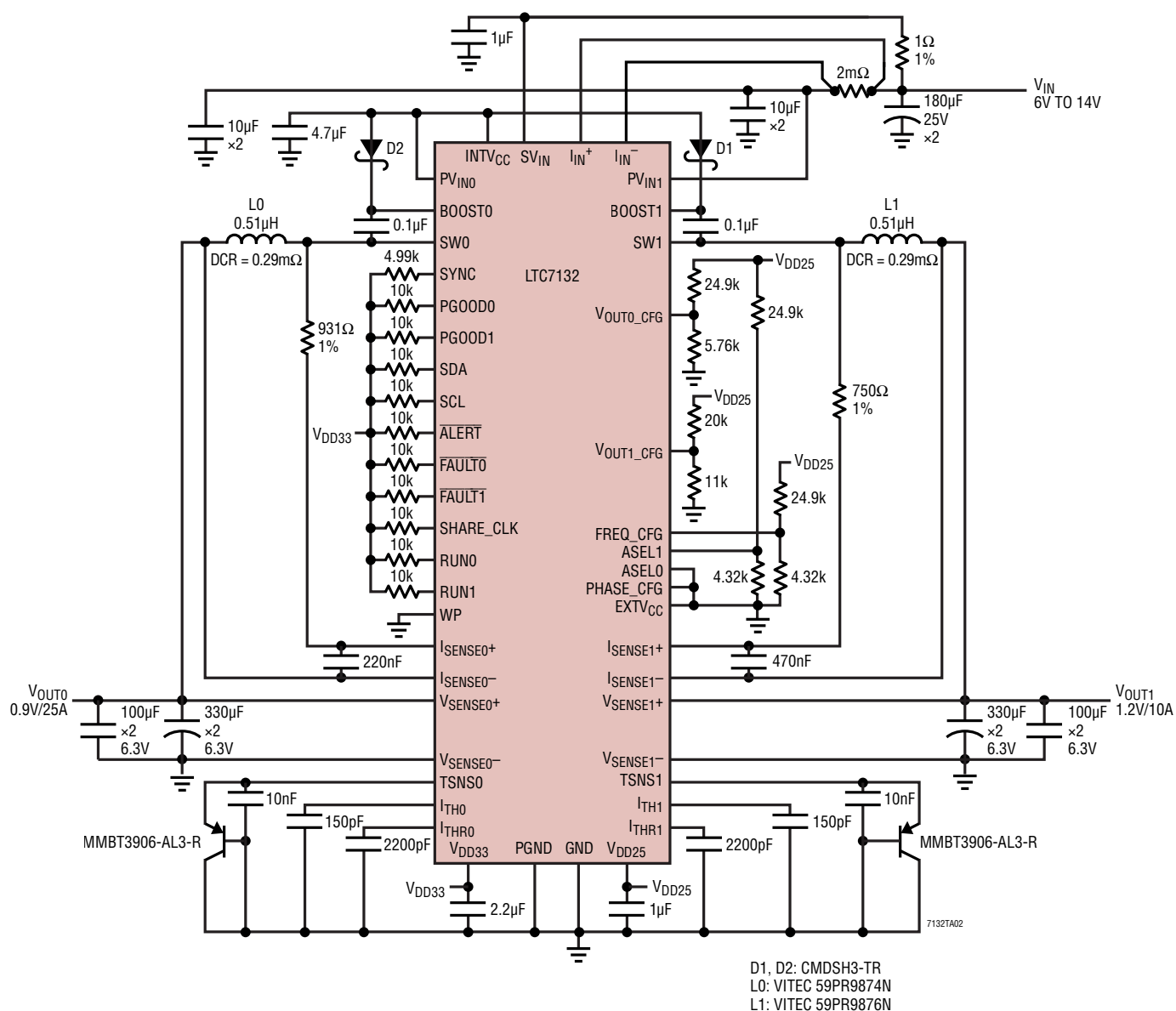
コマンド名	コマンド・コード	説明	タイプ	ページ指定	データ・フォーマット	単位	NVM	デフォルト値
MFR_EE_UNLOCK	0xBD	MFR_EE_ERASE コマンドおよび MFR_EE_DATA コマンドでアクセスするため、EEPROM のロックを解除します。	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_ERASE	0xBE	MFR_EE_DATA による一括プログラミングのため、EEPROM を初期化します。	R/W Byte	N	Reg			NA
MFR_EE_DATA	0xBF	PMBus ワードの順次読出しまたは書込みを使用して EEPROM との間で転送される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

MFR_EE_xxxx

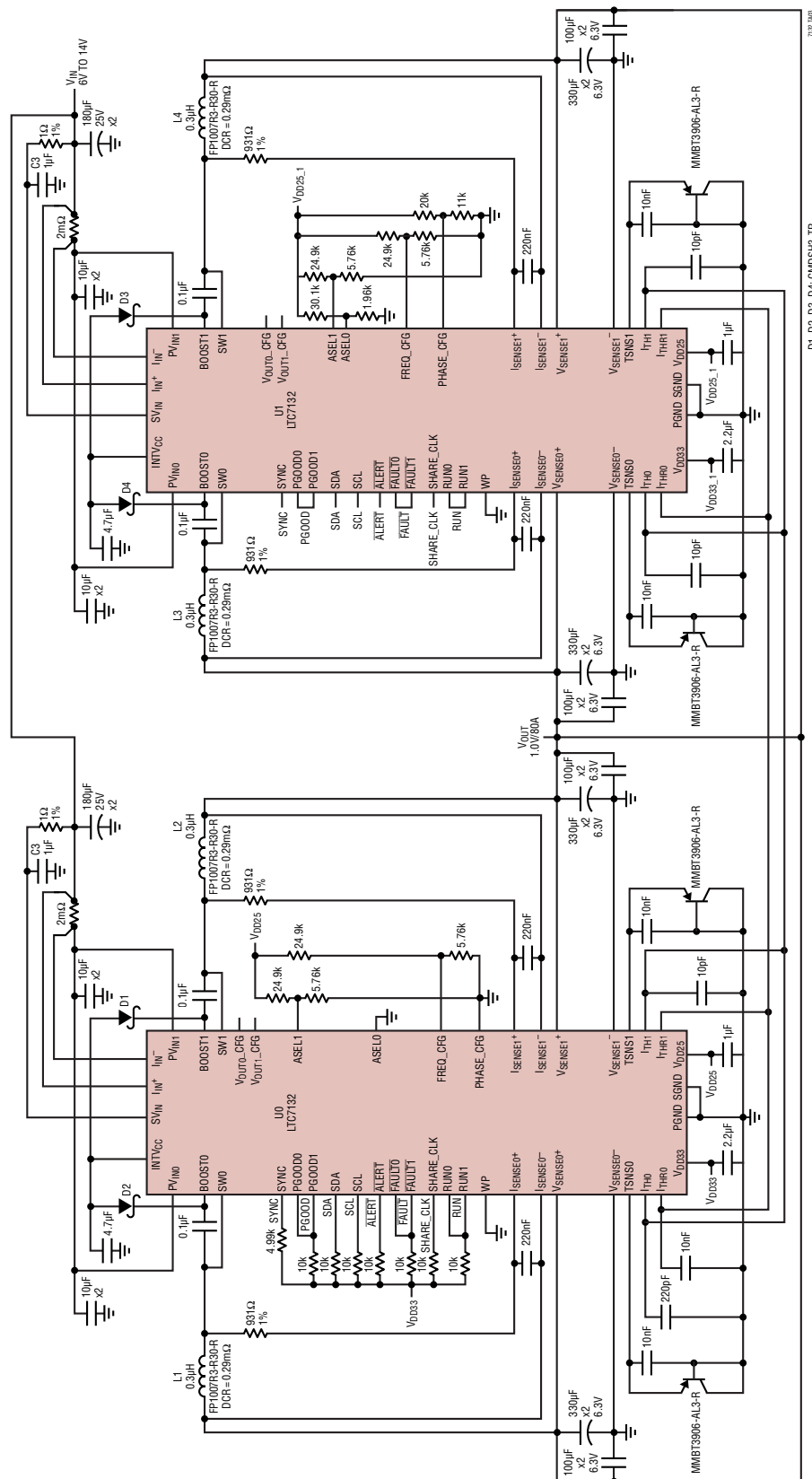
MFR_EE_xxxx コマンドは、LTC7132 の内部 EEPROM の一括プログラミングに役立ちます。詳細については弊社にご連絡ください。

標準の応用例



高効率、超低DCRによる検出機能を備えたデュアル出力(0.9V/25Aおよび1.2V/10A)、425kHz降圧コンバータ

標準的応用例

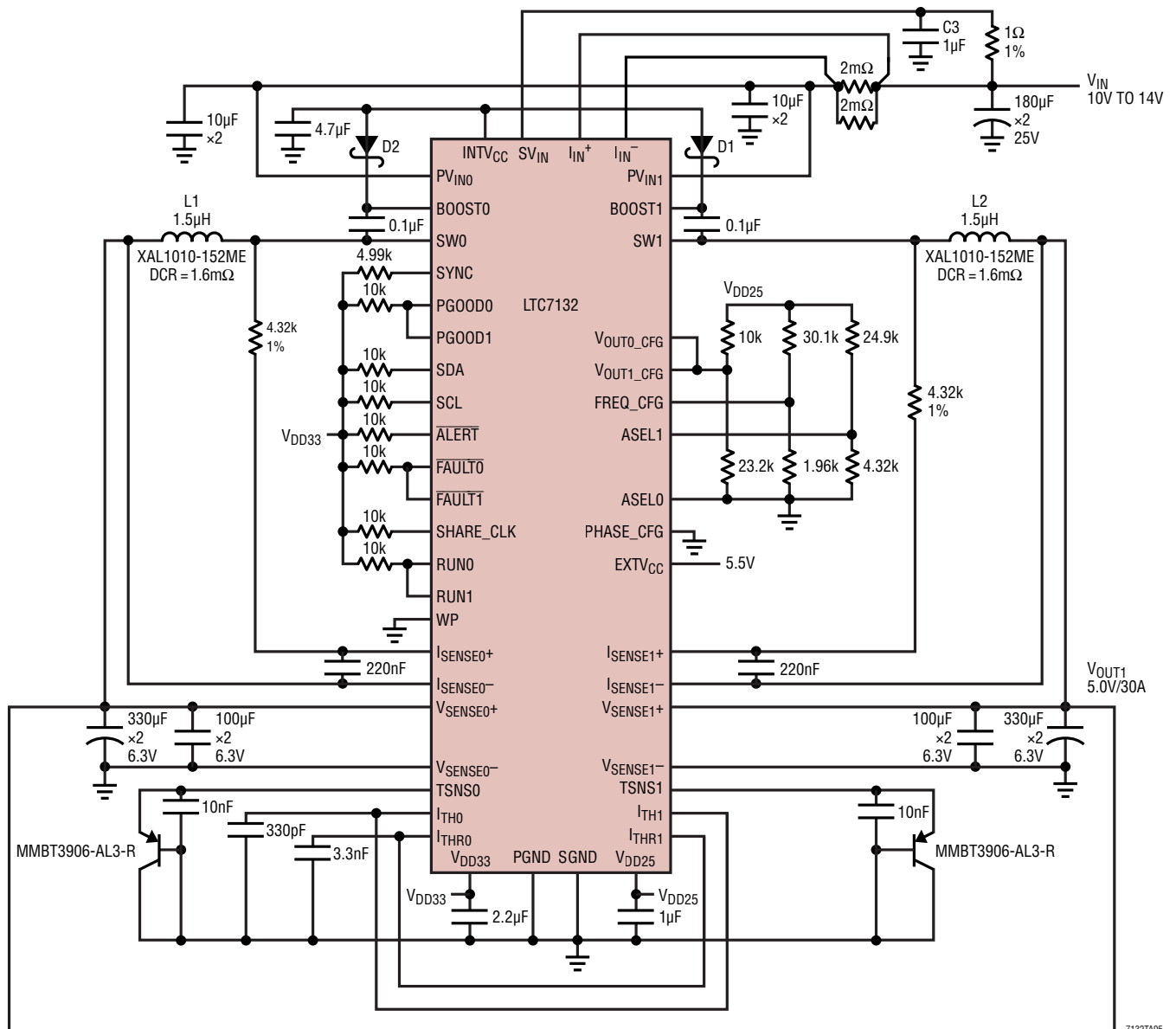


高効率、500kHz、4相シングル出力、1.0V/80A 降圧コンバータ

7132-100

D1, D2, D3, D4: CMOSS43-TR

標準の応用例

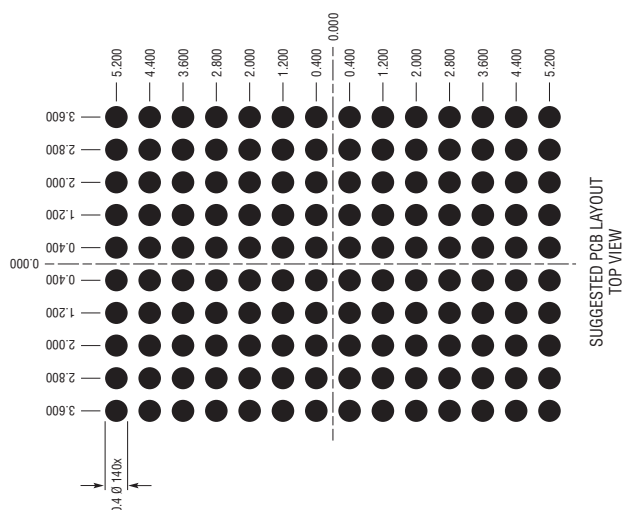
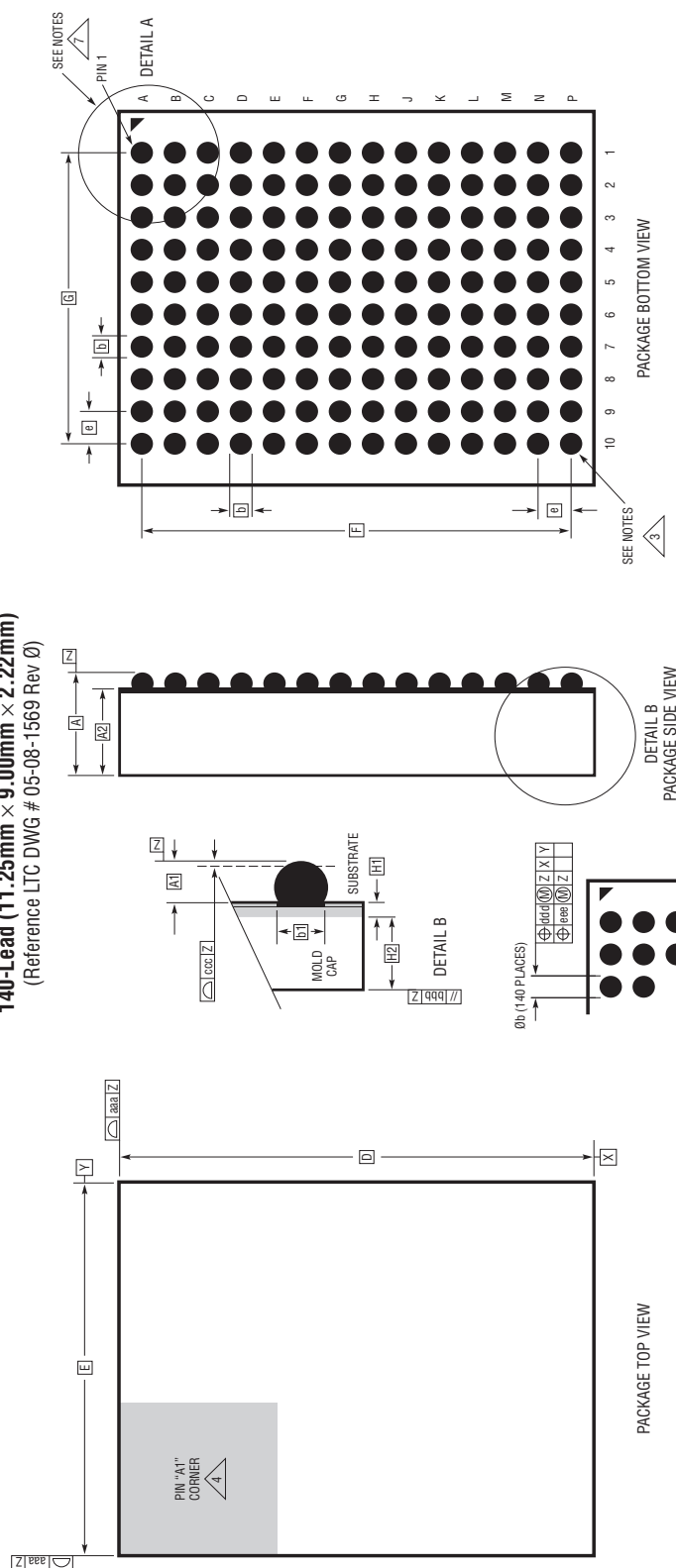


高効率、標準的な DCR による電流検出、250kHz、2 相シングル出力、5V/30A 降圧コンバータ

7132TA05

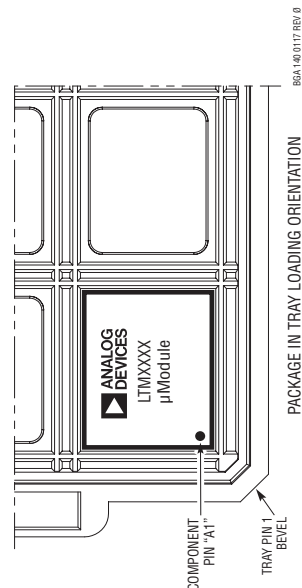
パッケージ

BGA Package
140-Lead (11.25mm × 9.00mm × 2.22mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1569 Rev 0)



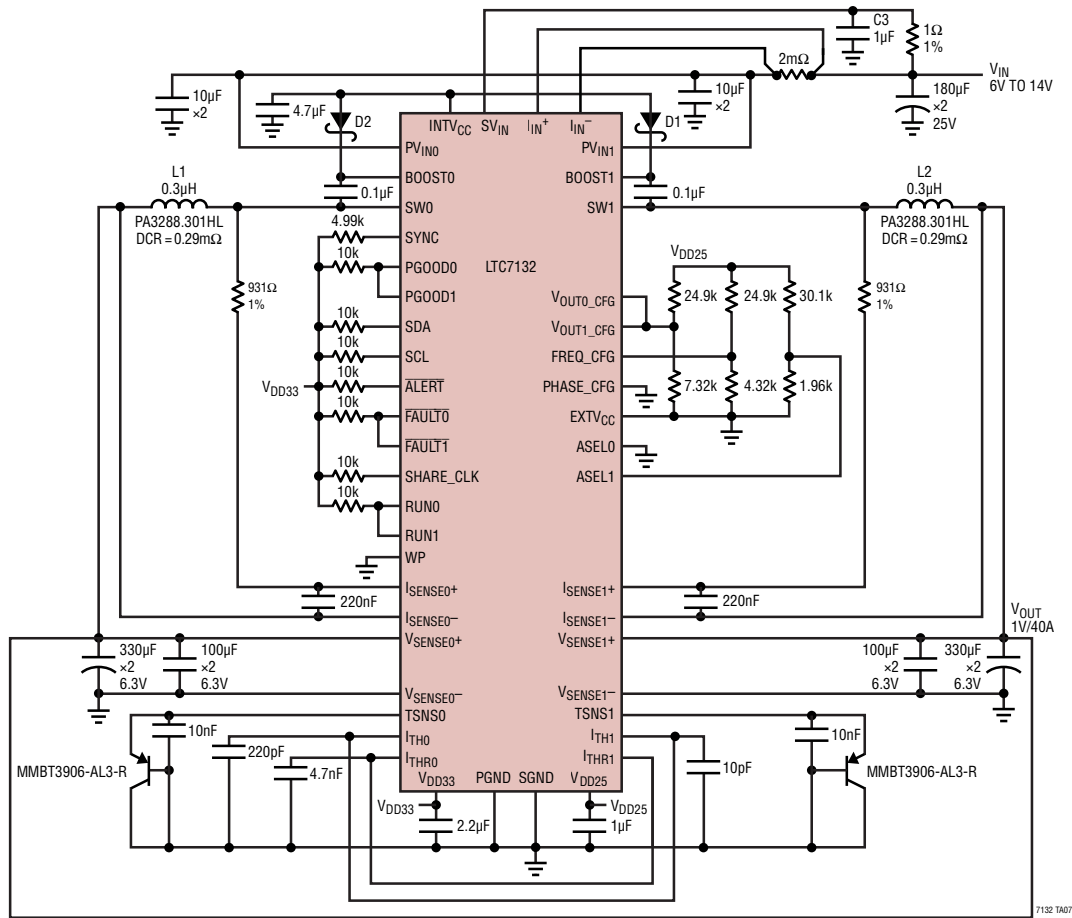
DIMENSIONS				NOTES	
SYMBOL	MIN	NOM	MAX		
A	2.02	2.22	2.42		
A1	0.30	0.40	0.50	BALL HT	
A2	1.72	1.82	1.92		
b	0.45	0.50	0.55	BALL DIMENSION	
b1	0.37	0.40	0.43	PAD DIMENSION	
D		11.25			
E		9.0			
e		0.80			
F		10.40			
G		7.2			
H1	0.27	0.32	0.37	SUBSTRATE THK	
H2	1.45	1.55		MOLD CAP HT	
aaa			0.15		
bbb			0.10		
ccc			0.20		
ddd			0.15		
eee			0.08		
				TOTAL NUMBER OF BALLS: 140	

- 注記:
1. 寸法と許容誤差はASME Y14.5M-1994に従う
 2. 全ての寸法の単位はミリメートル
 3. ボールの指定はJE95による
 4. 1番ピンの識別マークはオプションだが、表示の領域内に設けてある
1番ピンの識別マークはモールドカマーキングのどちらかである
 5. 主データはZはシーディング・ブレーン
 6. ハンダ・ボールは、元素構成比がスズ (Sn) 96.5%、銀 (Ag) 3.0%、銅 (Cu) 0.5%の合金、またはスズ鉛共晶ハンダからなる
 7. パッケージの列と行のラベルは、Module製品間で異なる。
各パッケージのレイアウトを十分に確認すること



標準的応用例

低DCRによる検出、425kHz、2相シングル出力、1V/40A降圧コンバータ



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/DC µModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 17V$, $0.5V \leq V_{OUT} (\pm 0.5\%) \leq 5.5V$, I ² C/PMBus インターフェース、16mm × 16mm × 5mm、BGA パッケージ
LTM4675	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えたデュアル9Aまたはシングル18A µModuleレギュレータ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 17V$, $0.5V \leq V_{OUT} (\pm 0.5\%) \leq 5.5V$, I ² C/PMBus インターフェース、11.9mm × 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
LTC3874	1mΩ未満のDCRによる検出機能を備えたマルチフェーズ同期整流式降圧スレーブ・コントローラ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 38V$, V_{OUT} : 最大5.5V、超大出力電流、高精度の電流分担、電流モード・アプリケーション
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、起動時間70ms	$4.5V \leq V_{IN} \leq 24V$, $0.5V \leq V_{OUT0,1} (\pm 0.5\%) \leq 5.5V$ 、起動時間70ms、I ² C/PMBus インターフェース、-1バージョンはDrMOSまたはパワー・ブロックを使用
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	$3V \leq V_{IN} \leq 38V$, $0.5V \leq V_{OUT1,2} \leq 5.25V$, $\pm 0.5\% V_{OUT}$ 、高精度のI ² C/PMBus インターフェース、DrMOSまたはパワー・ブロックを使用
LTC3886	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えた60Vデュアル出力降圧コントローラ	$4.5V \leq V_{IN} \leq 60V$, $0.5V \leq V_{OUT0,1} (\pm 0.5\%) \leq 13.8V$ 、起動時間70ms、I ² C/PMBus インターフェース、入力電流検出
LTC3815	デジタル・パワー・システム・マネージメント機能を備えた6Aモリシック同期整流式DC/DC降圧コンバータ	$2.25V \leq V_{IN} \leq 5.5V$, $0.4V \leq V_{OUT} \leq 0.72V_{IN}$ 、プログラム可能なV _{OUT} の範囲: $\pm 25\%$ (分解能: 0.1%)、最大3MHzで動作、13ビットADC内蔵

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。