

TPS544B28 4V ~ 16V 入力、20A、リモートセンス 同期整流降圧コンバータ PMBus®搭載、搭載

1 特長

- 入力電圧範囲: 4V ~ 16V、外部バイアスなし
- 入力電圧範囲: 2.7V ~ 16V、外部バイアスあり
- 3.1V ~ 4.5V の外部 VCC バイアスをサポート
- 8.5mΩ および 3.0mΩ MOSFET ($V_{VCC} = 3.3V$)
- 20A 連続出力電流
- PMBus® 1.4 準拠
- 効率と放熱性能向けに最適化された 19 ピン WQFN-HR パッケージ
- 内部フィードバックによる出力電圧精度 1% ($T_J = -40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$)
- 出力電圧範囲: 0.4V ~ 5.5V
- 差動リモート センス
- 超高速負荷ステップ応答の D-CAP4 は、すべての出力用セラミックコンデンサに対応しています
- ユーザー プログラマブル NVM
- 軽負荷時の高効率を実現する自動スキップ Eco モードを選択可能
- バレー電流制限を でプログラム可能
- 500kHz、600kHz、800kHz、1.0MHz、1.2MHz、1.4MHz から選択可能なスイッチング周波数
- ソフトスタート時間をプログラム可能
- プリバイアス付きスタートアップ機能
- オープンドレインのパワー グッド出力
- 過電圧および低電圧フォルト保護
- 3mm × 3mm (0.4mm ピッチ) と 3mm × 3.5mm (0.5mm ピッチ)、19 ピン QFN パッケージ
- 12A TPS544A28 とピン互換

2 アプリケーション

- [データ センター コンピューティング](#)
- [データ センター ネットワーキング](#)
- [産業用オートメーション](#)
- [ベースバンド ユニット \(BBU\)](#)

3 説明

TPS544B28 デバイスは、適応型オン時間 D-CAP4 制御モードを備えた小型で高効率の同期整流降圧コンバータです。この制御方式により、外部補償ネットワークを必要とせずに、出力電圧範囲全体にわたって低い最小オン時間と高速負荷過渡応答を実現できます。

TPS544B28 デバイスは、差動リモートセンス、高性能な内蔵 MOSFET、10A 以上で $\pm 7.5\%$ の電流テレメトリ精度、があり、 $\pm$ 内部フィードバック使用時には 0.5% の出力電圧精度をサポートしています ($V_{OSL} = 1$ または 0.5、 $T_J = 0^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$)。このデバイスは、高精度な負荷安定度およびライン安定度があり、エコモードまたは強制連続導通モード (FCCM) で動作できます。

1MHz クロックをサポートする PMBus® インターフェイスは、デバイス設定だけでなく、出力電圧、出力電流、ダイ温度の遠隔測定などの便利な標準化されたデジタル インターフェイスを提供します。ピンストラップ オプションにより、過電流制限、故障応答、内部または外部フィードバック、出力電圧の選択、およびスイッチング周波数を設定できます。各種 PMBus パラメータを保存するために、内部 NVM も利用できます。

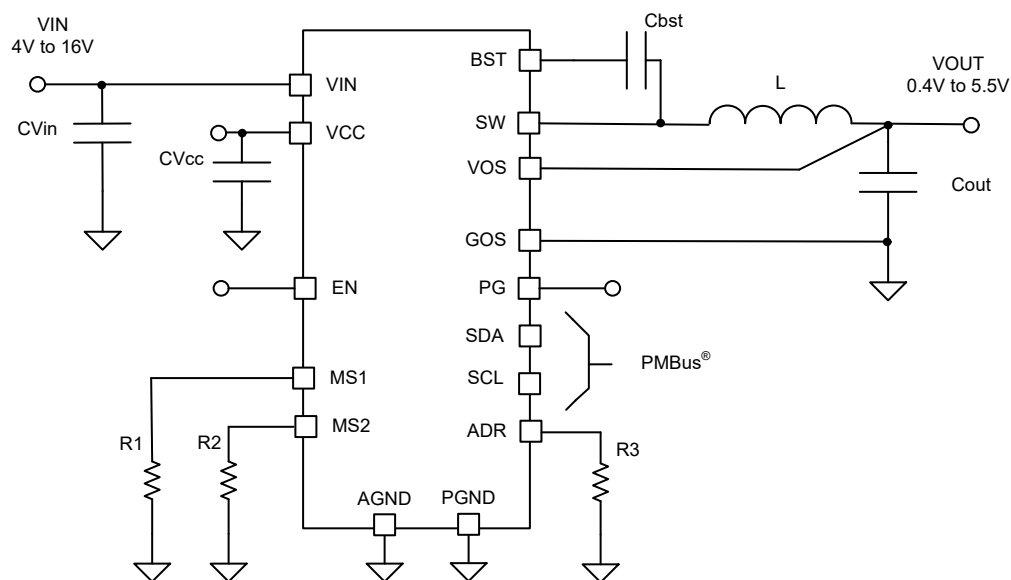
TPS544B28 デバイスは鉛フリー デバイスです。RoHS に準拠しています (適用除外なし)。

パッケージ情報

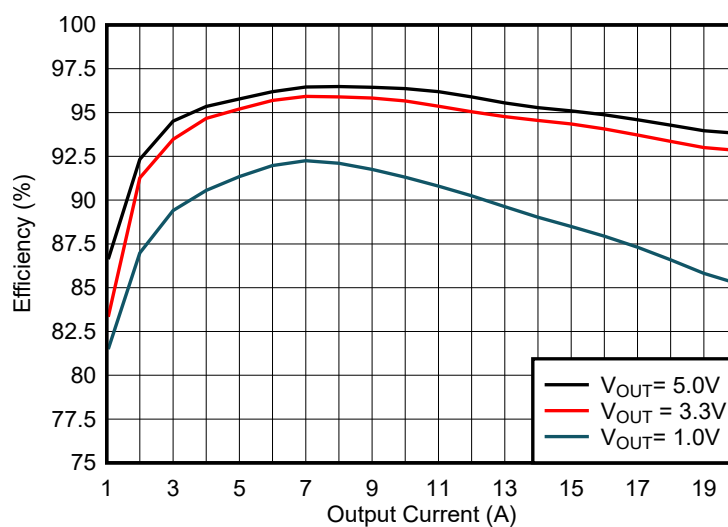
部品番号	パッケージ (1)	パッケージ サイズ (2)
TPS544B28	VAN (WQFN-HR, 19)	3mm × 3mm
	RBH (WQFN-HR, 19)	3mm × 3.5mm

- (1) 詳細については、[セクション 12](#) を参照してください。
- (2) パッケージ サイズ (長さ × 幅) は公称値であり、該当する場合はピンも含まれます。





概略回路図



代表的なアプリケーション効率 ($V_{IN} = 12V$ 、外部 $V_{CC} = 3.3V$ 、 $F_{sw} = 800kHz$ 、 $L = 550nH$ 、 $1.4m\Omega$)

目次

1 特長	1	8 プログラミング レジスタ	37
2 アプリケーション	1	8.1 レジスタ マップ.....	38
3 説明	1	9 アプリケーションと実装	84
4 関連製品	4	9.1 アプリケーション情報.....	84
5 ピン構成および機能	5	9.2 代表的なアプリケーション.....	84
6 仕様	7	9.3 電源に関する推奨事項.....	90
6.1 絶対最大定格.....	7	9.4 レイアウト.....	91
6.2 ESD 定格.....	7	10 デバイスおよびドキュメントのサポート	94
6.3 推奨動作条件.....	7	10.1 ドキュメントのサポート.....	94
6.4 熱に関する情報.....	8	10.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	94
6.5 電気的特性.....	8	10.3 サポート・リソース.....	94
6.6 代表的特性.....	12	10.4 商標.....	94
7 詳細説明	17	10.5 静電気放電に関する注意事項.....	94
7.1 概要.....	17	10.6 用語集.....	94
7.2 機能ブロック図.....	17	11 改訂履歴	94
7.3 機能説明.....	18	12 メカニカル、パッケージ、および注文情報	96
7.4 デバイスの機能モード.....	36		

4 関連製品

部品番号	最大出力電流	V _O 調整	ピンストラップ構成の柔軟性	デジタル インターフェイス	遠隔測定
TPS548B23	20A	0.5V～5.5V	内部、外部 FB、F _{SW} 、 FCCM/PFM、OCP、ヒカップ/ ラッチオフ、SS 時間	該当なし	なし
TPS548A23	12A				
TPS544B28	20A	0.4V～5.5V		PMBus®	あり
TPS544A28	12A				

5 ピン構成および機能

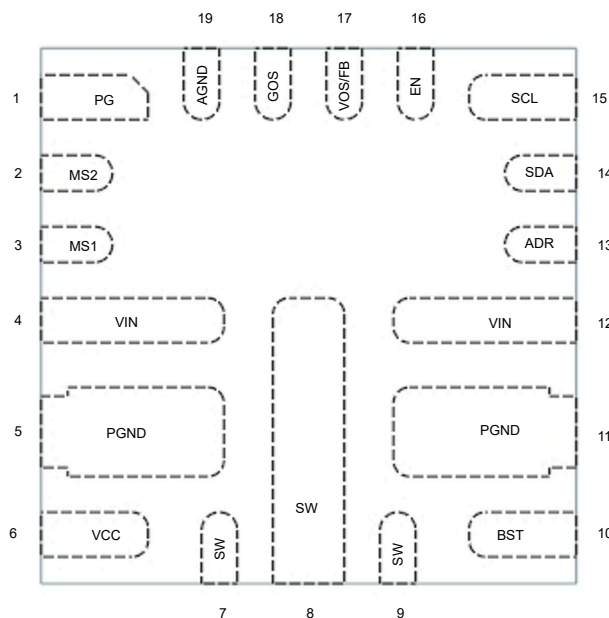


図 5-1. VAN パッケージ、19 ピン、3mm×3mm (0.4mm ピンピッチ) WQFN-HR (上面図)

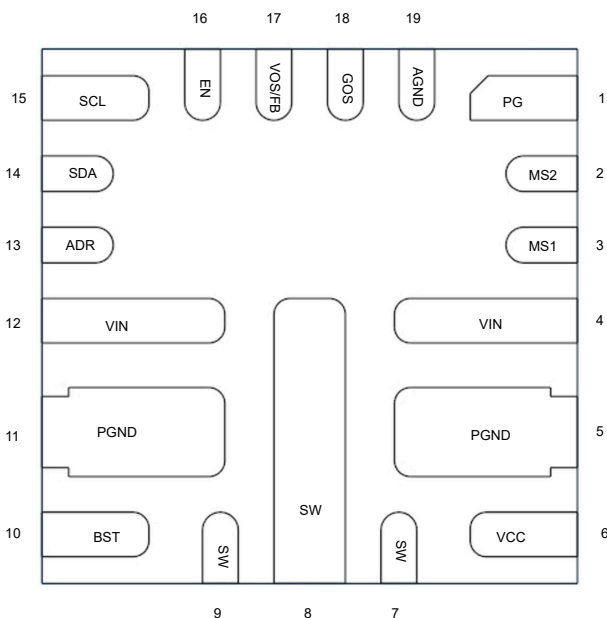


図 5-2. VAN パッケージ、19 ピン、3mm×3mm (0.4mm ピンピッチ) WQFN-HR (底面図)

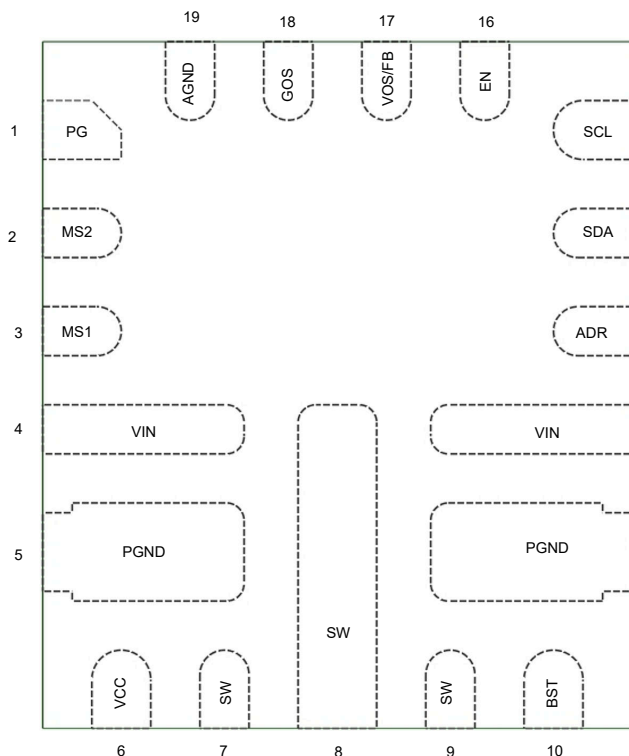


図 5-3. RBH パッケージ 19 ピン 3mm×3.5mm (0.5mm ピンピッチ) WQFN-HR (上面図)

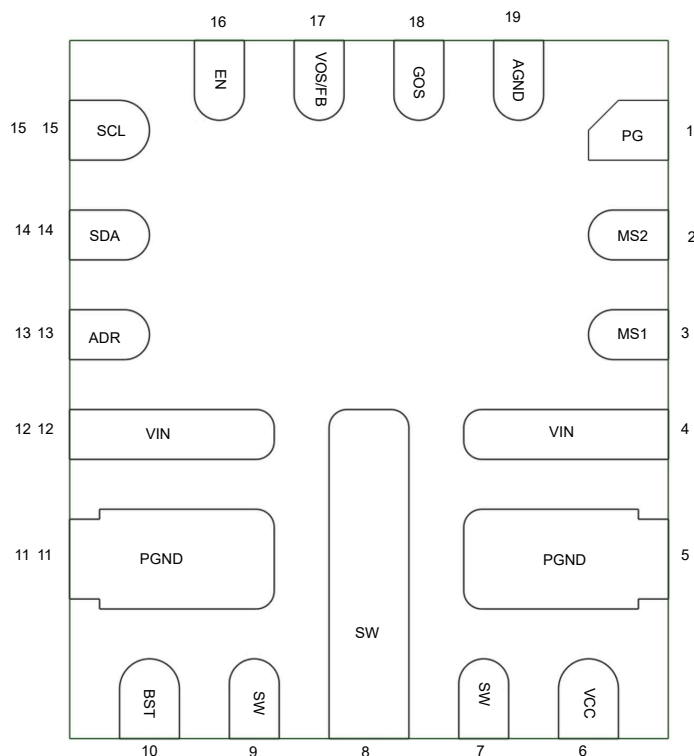


図 5-4. RBH パッケージ 19 ピン 3mm×3.5mm (0.5mm ピンピッチ) WQFN-HR (底面図)

表 5-1. ピンの機能

ピン		タイプ ⁽¹⁾	説明
名称	なし		
PG	1	O	オープンドレインのパワー グッド ステータス信号。外付けプルアップ抵抗を電圧源に接続します。FB 電圧が指定された制限値を外れると、指定された遅延の後に PG が Low になります。
MS2	2	I	マルチファンクション選択ピン。MS2 ピンと AGND の間に抵抗を接続することにより、出力電圧設定、VOUT_SCALE_LOOP、および内部または外部フィードバックが選択されます。
MS1	3	I	マルチファンクション選択ピン。MS1 ピンと AGND の間に抵抗を接続して、スイッチング周波数、バレー電流制限スレッシュホールド、ソフトスタート時間を選択します。
VIN	4、12	P	電力段 MOSFET および内部 LDO の電源入力ピン。デカップリング入力コンデンサを VIN ピンから PGND ピンにできるだけ近づけて配置します。各 VIN から IC に近い PGND にコンデンサを接続する必要があります。
PGND	5、11	G	電力段のグラウンドリターン。このピンは内部でローサイド MOSFET のソースに接続されます。できるだけ多くのビアを PGND ピンの下、できるだけ PGND ピンの近くに配置します。この動作により、寄生インピーダンスが最小限に抑えられ、熱抵抗も低下します。
VCC	6	P	内部 3V LDO 出力。内部 LDO での電力損失を抑えるために、このピンに 3.1V ~ 4.5V の外部バイアスを接続できます。このピンの電圧源は、内部回路とゲートドライバの両方に電力を供給します。1μF、> 6.3V 定格のセラミックコンデンサを使用して、VCC ピンから PGND にバイパスします。ループ インダクタンスを最小限に抑えるため、このコンデンサは、VCC ピンと PGND ピンのできるだけ近くに配置してください。
SW	7、8、9	O	パワー コンバータの出力スイッチング端子。このピンを出力インダクタに接続します。
BST	10	I/O	内蔵のハイサイド MOSFET ゲートドライバ用電源 (ブースト端子)。このピンと SW ノードとの間にブートストラップ コンデンサを接続します。
ADR	13	I	PMBus® アドレス選択ピン。ADR ピンと AGND の間に接続する抵抗によって、PMBus デバイス アドレスと故障回復 (ヒカップまたはラッチオフ) モードが選択されます。
SDA	14	I	PMBus® 双方向シリアル データ ピン
SCL	15	I	PMBus® シリアル クロック ピン
EN	16	I	イネーブル ピン。イネーブル ピンは、DC/DC スwitchング コンバータのオン/オフを切り替えます。起動前に EN ピンをフローティングにすると、コンバータは無効化されます。EN ピンに印加する推奨最大電圧は 5.5V です。TI は、EN ピンを VIN ピンに直接接続することは推奨していません。
VOS/FB	17	I	出力電圧フィードバック入力。差動リモート センス回路の正入力。負荷側の Vout センス ポイントに接続。外部フィードバック用に構成した場合、VOUT から GOS (FB ピンでタップ) への分圧抵抗により出力電圧が設定されます。
GOS	18	I	差動リモートセンス回路の負入力。負荷付近のグラウンド センス ポイントに接続します。
AGND	19	G	内部制御回路用のアナログ グラウンドリターンとリファレンス電圧です。

(1) I = 入力、O = 出力、P = 電源、G = グラウンド

6 仕様

6.1 絶対最大定格

動作時接合部温度範囲内 (特に記述のない限り) ⁽¹⁾

		最小値	最大値	単位
ピン電圧	VIN	-0.3	19	V
ピン電圧	SW – PGND、DC	-0.3	19	V
ピン電圧	SW – PGND、過渡 < 10ns	-4	20	V
ピン電圧	VIN – SW、DC	-0.3	19	V
ピン電圧	VIN – SW、過渡 < 10 ns	-3	25	V
ピン電圧	BOOT – PGND	-0.3	24.5	V
ピン電圧	BOOT - SW	-0.3	5.5	V
ピン電圧	MS1、MS2、SDA、SCL、VCC	-0.3	5	V
ピン電圧	VOS/FB、PG、EN	-0.3	6	V
ピン電圧	GOS、PGND	-0.3	0.3	V
シンク電流	PG		15	mA
動作時接合部温度	T _J	-40	150	°C
保管温度	T _{stg}	-55	150	°C

- (1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。「絶対最大定格」は、これらの条件において、または「推奨動作条件」に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを意味するものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用すると、デバイスが完全に機能しない可能性があり、デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、デバイスの寿命を縮める可能性があります。

6.2 ESD 定格

			値	単位
V _(ESD)	静電気放電	人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 準拠 ⁽¹⁾	±2000	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 準拠 ⁽²⁾	±500	

- (1) JEDEC のドキュメント JEP155 に、500V HBM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。
(2) JEDEC のドキュメント JEP157 に、250V CDM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。

6.3 推奨動作条件

動作時接合部温度範囲内 (特に記述のない限り)

			最小値	公称値	最大値	単位
V _{IN}	入力電圧範囲	内部 LDO	4		16	V
V _{IN}	入力電圧範囲	3.1V ≤ V _{VCC} 外部バイアス ≤ 4.5V	2.7		16	V
ピン電圧		V _{GOS} と V _{AGND} との関係	-0.1		0.1	V
		EN、PG	-0.1		5.5	V
V _{VCC}	外部バイアス範囲	V _{VIN} ≤ 16V	3.1		4.5	V
V _{OUT}	出力電圧範囲	V _{OUT}	0.4		5.5	V
I _{PG}	パワーグッド シンク電流	PG			10	mA
I _{OUT}	出力電流	SW			20	A
I _{LPEAK}	最大ピーク インダクタ電流	SW			31	A
T _J	動作時接合部温度		-40		150	°C

6.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		TPS544B28				単位
		VAN (WQFN-HR, JEDEC レイアウト)	VAN (WQFN-HR, アプリケーションレイアウト, 6 層 PCB)	RBH (WQFN-HR, JEDEC レイアウト)	RBH (WQFN-HR, アプリケーションレイアウト, 6 層 PCB)	
		19 ピン	19 ピン	19 ピン	19 ピン	
R _{θJA}	接合部から周囲への熱抵抗	59	19.0 ⁽²⁾	54.4	18.8 ⁽²⁾	°C/W
R _{θJC(top)}	接合部からケース (上面) への熱抵抗	32.6	該当なし ⁽³⁾	30.9	該当なし ⁽³⁾	°C/W
R _{θJB}	接合部から基板への熱抵抗	18.4	該当なし ⁽³⁾	21.5	該当なし ⁽³⁾	°C/W
ψ _{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	0.77	該当なし ⁽³⁾	1.0	該当なし ⁽³⁾	°C/W
ψ _{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	18.4	該当なし ⁽³⁾	21.5	該当なし ⁽³⁾	°C/W

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『半導体および IC パッケージの熱評価基準』アプリケーション ノートを参照してください。

(2) デバイス内消費 1.0W の TPS544B28EVM で測定しました。

(3) 熱テストまたはシミュレーション設定は、アプリケーション レイアウトには適用できません。

6.5 電気的特性

T_J = -40°C ~ +150°C、V_{VCC} = 3.3V (外部)、V_{VIN} = 4V ~ 16V。代表値は、T_J = 25°C および V_{VIN} = 12V (特に記述のない限り)。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
電源						
I _{Q(VIN)}	VIN 静止電流	非スイッチング、V _{EN} = 2V、V _{FB} = V _{FB_REG} + 50mV、VCC ピンに外部バイアスなし		2800		μA
I _{Q(VIN)}	外部 VCC バイアスでの VIN 静止電流	T _J = 25°C、V _{IN} = 12V、V _{EN} = 2V、V _{FB} = V _{FB_REG} + 10mV (非スイッチング)、VCC ピンに 3.3V 外部バイアス		250	400	μA
I _{Q(VCC)}	VCC 静止電流	T _J = 25°C、V _{IN} = 12V、V _{EN} = 2V、V _{FB} = V _{FB_REG} + 10mV (非スイッチング)、VCC ピンに 3.3V 外部バイアス		2500	4500	μA
I _{VCC}	VCC 外部バイアス電流 ⁽¹⁾	T _J = 25°C、V _{IN} = 12V、V _{EN} = 2V、レギュラー スイッチング、V _{OUT} = 1.0V、f _{SW} = 600kHz、VCC ピンに 3.3V 外部バイアス		10		mA
I _{VCC}	VCC 外部バイアス電流 ⁽¹⁾	T _J = 25°C、V _{IN} = 12V、V _{EN} = 2V、レギュラー スイッチング、V _{OUT} = 1.0V、f _{SW} = 1200kHz、VCC ピンに 3.3V 外部バイアス		16		mA
内部 LDO (VCC)						
V _{VCC}	内部 LDO 出力電圧		2.85	3.0	3.1	V
I _{VCC}	内部 LDO 短絡電流制限	V _{VIN} = 12V	50	180		mA
UVLO						
V _{INUVLO(R)}	VIN UVLO 立ち上がりスレッシュホールド	V _{IN} 立ち上がり、VCC ピンに 3.3V 外部バイアス	2.35	2.4	2.5	V
V _{INUVLO(F)}	VIN UVLO 立ち下がりスレッシュホールド	V _{IN} 立ち下がり、VCC ピンに 3.3V 外部バイアス	2.3	2.35	2.4	V
V _{INUVLO(H)}	VIN UVLO ヒステリシス			0.15		V
イネーブル						
V _{EN(R)}	EN 電圧立ち上がりスレッシュホールド	EN 立ち上がり、スイッチングはイネーブル	1.15	1.2	1.25	V
V _{EN(F)}	EN 電圧立ち下がりスレッシュホールド	EN 立ち下がり、スイッチングはディスエーブル	0.95	1.0	1.05	V
V _{EN(H)}	EN 電圧ヒステリシス			200		mV
I _{EN(Hys)}	EN ピン ヒステリシス電流	EN > V _{EN(R)}		5		μA
	EN 内部プルダウン抵抗	EN ピンを AGND に接続	0.74	1	1.27	MΩ
ピンストラップ						
R _{MSX_TRIP}	MSx 抵抗のステップ範囲精度		-2%		2%	
シリアル インターフェイス						

6.5 電気的特性 (続き)

$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{VCC} = 3.3\text{V}$ (外部)、 $V_{VIN} = 4\text{V} \sim 16\text{V}$ 。代表値は、 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ および $V_{VIN} = 12\text{V}$ (特に記述のない限り)。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$V_{IH}(\text{SDx})$	SDA, SCL の High レベル入力電圧		1.35			V
$V_{IL}(\text{SDx})$	SCL, SDA の Low レベル入力電圧				0.8	
$V_{th\_rise}(\text{SDx})$	SCL, SDA の立ち上がりスレッショルド		1.03	1.1	1.17	V
$V_{th\_fall}(\text{SDx})$	SCL, SDA の立ち下がりスレッショルド		0.84	0.9	0.96	V
$V_{th\_hys}(\text{SDx})$	SCL, SDA のヒステリシス		0.188	0.2	0.212	V
$I_{IH}(\text{SDx})$	SCL, SDA への入力 High レベル電流		-10		10	μA
$I_{IL}(\text{SDx})$	SCL, SDA への入力 Low レベル電流		-10		10	μA
$V_{OL}(\text{SDx})$	SDA の出力 Low レベル電圧	$V_{CC} \geq 4.5\text{V}$, $I_{pin} = 20\text{mA}$			0.4	V
$I_{OH}(\text{SDx})$	SDA への出力 High レベル オープンドレイン リーク電流	$V_{pin} = 5.5\text{V}$			10	μA
$I_{OL}(\text{SDx})$	PMB_DATA への出力 Low レベル オープンドレイン シンク電流	$V_{pin} = 0.4\text{V}$	20			mA
C_{PIN_SDx}	SCL ピンおよび SDA ピンの入力容量 ⁽¹⁾	$V_{pin} = 0.1\text{V} \sim 1.35\text{V}$			5	pF
f_{SDxmin}	最小 PMBus 動作周波数				10	kHz
f_{SDxmax}	最大 PMBus 動作周波数		1000			kHz
f_{SDx_CLK}	PMBus の動作周波数範囲		10		1000	kHz
t_{BUF}	STOP 条件と START 条件の間のバス フリー時間		0.5			μs
t_{HD_STA}	(反復) 開始条件のホールド時間		0.26			μs
t_{SU_STA}	反復開始条件のセットアップ時間		0.26			μs
t_{SU_STO}	停止条件のセットアップ時間		0.26			μs
t_{HD_SDA}	SDA のホールド時間		0			μs
t_{SU_SDA}	SDA のセットアップ時間		50			ns
$t_{TIMEOUT}$	クロック Low 検出のタイムアウト		25	30	35	ms
t_{LOW}	SCL の Low 期間		0.5			μs
t_{HIGH}	SCL の High 期間		0.26			μs
t_{R_SDx}	SCL と SDA の立ち上がり時間 ⁽¹⁾	1000kHz クラス、 $V_{IL}(\text{MAX}) - 150\text{mV}$ to $V_{IH}(\text{MIN}) + 150\text{mV}$			120	ns
t_{F_SDx}	SCL と SDA の立ち下がり時間 ⁽¹⁾	1000kHz クラス、 $V_{IH}(\text{MIN}) + 150\text{mV}$ to $V_{IL}(\text{MAX}) - 150\text{mV}$			120	ns
N_{WR_NVM}	書き込み可能な NVM サイクル数 ⁽¹⁾	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 125^{\circ}\text{C}$	1000			サイクル
スタートアップ						
R_{PIN_STRAP}	ピンストラップ抵抗のステップ範囲精度	$0.82\text{k}\Omega \leq R_{PIN\_STRAP} \leq 82\text{k}\Omega$	-4%		+4%	
t_{SS}	ソフト スタート時間 ⁽¹⁾	スイッチング開始から $V_{FB} = 0.5\text{V}$ 、 $t_{SS} = 0.5\text{ms}$ 設定まで	0.4	0.5	0.6	ms
t_{SS}	ソフト スタート時間 ⁽¹⁾	スイッチング開始から $V_{FB} = 0.5\text{V}$ 、 $t_{SS} = 1\text{ms}$ 設定まで	0.8	1	1.2	ms
t_{SS}	ソフト スタート時間 ⁽¹⁾	スイッチング開始から $V_{FB} = 0.5\text{V}$ 、 $t_{SS} = 2\text{ms}$ 設定まで	1.6	2	2.4	ms
t_{SS}	ソフト スタート時間	スイッチング開始から $V_{FB} = 0.5\text{V}$ 、 $t_{SS} = 4\text{ms}$ 設定まで	3.2	4	4.8	ms
t_{EN_DLY}	EN High からスイッチング開始までの遅延	$\text{TON\_Delay} = 0$		50		μs
リファレンス電圧 (FB)						
V_{VOS_REG}	出力電圧レギュレーション精度	内部フィードバック構成、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{OSL} = 1$ または 0.5	-0.5%		+0.5%	
V_{VOS_REG}	出力電圧レギュレーション精度	内部フィードバック構成、 $V_{OSL} = 1$ または 0.5	-0.75%		0.75%	
V_{VOS_REG}	出力電圧レギュレーション精度	内部フィードバック構成、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{OSL} = 0.25$ または 0.125	-0.75%		0.75%	
V_{VOS_REG}	出力電圧レギュレーション精度	内部フィードバック構成、 $V_{OSL} = 0.25$ または 0.125	-1%		+1%	

6.5 電気的特性 (続き)

$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{VCC}} = 3.3\text{V}$ (外部)、 $V_{\text{VIN}} = 4\text{V} \sim 16\text{V}$ 。代表値は、 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ および $V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ (特に記述のない限り)。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$V_{\text{FB\_REG}}$	帰還電圧レギュレーション精度	外部フィードバック構成、 $T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$	-0.5%		+0.5%	
$V_{\text{FB\_REG}}$	帰還電圧レギュレーション精度	外部フィードバック構成	-0.75%		0.75%	
$I_{\text{FB(LKG)}}$	FB の入力リーク電流	$V_{\text{FB}} = V_{\text{FB\_REG}}$			160	nA
差動リモート センズ アンブ						
I_{GOSNS}	GOS ピンから流れ出すリーク電流	$V_{\text{GOS}} - V_{\text{AGND}} = 100\text{mV}$			80	μA
V_{ICM}	GOS の同相電圧 (レギュレーション用) ⁽¹⁾	V_{GOS} と V_{AGND} との関係	-0.1		0.1	V
遠隔測定						
$M_{\text{IOUT(mg)}}$	出力電流測定範囲		0		24	A
$M_{\text{IOUT(acc)}}$	出力電流測定精度	$6\text{A} \leq I_{\text{OUT}} \leq 10\text{A}$	-10%		10%	
		$10\text{A} \leq I_{\text{OUT}} \leq 20\text{A}$	-7.5%		7.5%	
$M_{\text{IOUT(off)}}$	出力電流測定オフセット	$I_{\text{OUT}} \leq 6\text{A}$	-1		1	A
$M_{\text{VOUT(mg)}}$	出力電圧測定範囲		0		6	V
$M_{\text{VOUT(acc)}}$	出力電圧の測定精度	$400\text{mV} \leq V_{\text{OUT}} \leq 5.5\text{V}$	-2%		2%	
$M_{\text{VOUT(lsb)}}$	出力電圧測定ビットの分解能			1		mV
$M_{\text{TSNS(mg)}}$	内部温度検出範囲 ⁽¹⁾		-40		150	$^{\circ}\text{C}$
$M_{\text{TSNS(lsb)}}$	内部温度検出ビットの分解能、(8Dh) READ_TEMP1			1		$^{\circ}\text{C}$
$M_{\text{TSNS(acc)}}$	アナログ温度検出の精度	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 150^{\circ}\text{C}$	-1.5	+2.5	+6.5	$^{\circ}\text{C}$
スイッチング周波数						
$f_{\text{SW(FCCM)}}$	スイッチング周波数、FCCM 動作	$V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ 、 $F_{\text{SW}} = 500\text{kHz}$ 、負荷なし	425	500	575	kHz
$f_{\text{SW(FCCM)}}$	スイッチング周波数、FCCM 動作	$V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ 、 $F_{\text{SW}} = 600\text{kHz}$ 、負荷なし	510	600	690	kHz
$f_{\text{SW(FCCM)}}$	スイッチング周波数、FCCM 動作 ⁽¹⁾	$V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ 、 $F_{\text{SW}} = 800\text{kHz}$ 、負荷なし	680	800	920	kHz
$f_{\text{SW(FCCM)}}$	スイッチング周波数、FCCM 動作	$V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ 、 $F_{\text{SW}} = 1.0\text{MHz}$ 、負荷なし	850	1000	1150	kHz
$f_{\text{SW(FCCM)}}$	スイッチング周波数、FCCM 動作 ⁽¹⁾	$V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ 、 $F_{\text{SW}} = 1.2\text{MHz}$ 、負荷なし	1020	1200	1380	kHz
$f_{\text{SW(FCCM)}}$	スイッチング周波数、FCCM 動作	$V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ 、 $F_{\text{SW}} = 1.4\text{MHz}$ 、負荷なし	1190	1400	1610	kHz
電力段						
$R_{\text{DS(on)(HS)}}$	ハイサイド MOSFET オン抵抗	$V_{\text{BOOT-SW}} = 3.3\text{V}$		8.5		m Ω
$R_{\text{DS(on)(LS)}}$	ローサイド MOSFET オン抵抗	$V_{\text{VCC}} = 3.3\text{V}$		3.0		m Ω
$t_{\text{ON(min)}}$	最小 ON パルス幅 ⁽¹⁾			25		ns
$t_{\text{OFF(min)}}$	最小 OFF パルス幅 ⁽¹⁾				150	ns
	出力放電 MOSFET オン抵抗	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{SW}} = 1\text{V}$ 、電力変換無効		100		Ω
$I_{\text{BOOT(LKG)}}$	BOOT ピンへのリーク電流	$V_{\text{BOOT-SW}} = 3\text{V}$ 、有効、スイッチングなし。		30		μA
パワー グッド						
$V_{\text{PGTH(RISE\_OV)}}$	パワーグッド スレッシュホルド	FB 立ち上がり、PG High から Low	105%	110%	116.4%	
$V_{\text{PGTH(RISE\_UV)}}$	パワーグッド スレッシュホルド	FB 立ち上がり、PG low から high	84.9%	90%	96.4%	
$V_{\text{PGTH(FALL\_UV)}}$	パワーグッド スレッシュホルド	FB 立ち下り、PG high から low	79.2%	85%	91.7%	
$t_{\text{PG\_DLY}}$	スタートアップ時に PG 遅延が low から high に変化			1.1	1.5	ms
	PG 遅延が high から low に変化			4	6.2	μs
$I_{\text{PG(LKG)}}$	オープンドレイン出力が high の PG ピンのリーク電流	$V_{\text{PG}} = 4.5\text{V}$			5	μA
	PG ピン出力 Low レベル電圧	$I_{\text{PG}} = 7\text{mA}$			600	mV

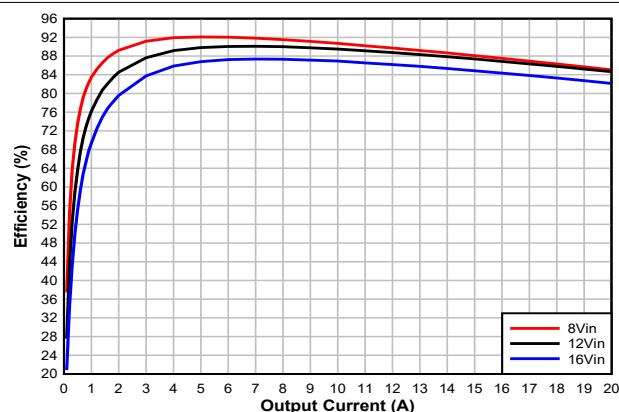
6.5 電気的特性 (続き)

$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{VCC}} = 3.3\text{V}$ (外部)、 $V_{\text{VIN}} = 4\text{V} \sim 16\text{V}$ 。代表値は、 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ および $V_{\text{VIN}} = 12\text{V}$ (特に記述のない限り)。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
	VIN および VCC が Low のとき、PG ピンは Low レベルを出力します	$V_{\text{VIN}} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{VCC}} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{EN}} = 0\text{V}$ 、PG は $100\text{k}\Omega$ の抵抗を介して 3.3V にプルアップされます			940	mV
	VIN および VCC が Low のとき、PG ピンは Low レベルを出力します	$V_{\text{VIN}} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{VCC}} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{EN}} = 0\text{V}$ 、PG は $10\text{k}\Omega$ の抵抗を介して 3.3V にプルアップされます			1100	mV
過電流保護						
	ローサイドのバレー電流制限	LS FET のバレー電流、 $R_{\text{MS1}} = \text{GND}$	19	21	23	A
		LS FET のバレー電流、 $R_{\text{MS1}} = 4.7\text{k}\Omega^{(1)}$	16	18	20	A
		LS FET のバレー電流、 $R_{\text{MS1}} = 22\text{k}\Omega^{(1)}$	13	15	17	A
		LS FET のバレー電流、 $R_{\text{MS1}} = 56\text{k}\Omega^{(1)}$	11.5	13	14.5	A
$I_{\text{LS(NOC)}}$	ローサイドの負の電流制限	LS FET のシンク電流制限		-10	-8	A
I_{ZC}	DCM、オープンループに入るゼロ交差検出電流スレッシュホールド	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$		-750		mA
$I_{\text{ZC(HYS)}}$	DCM、オープンループに入った後のゼロ交差検出電流スレッシュホールド ヒステリシス	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$		1000		mA
出力 OVP と UVP						
$V_{\text{OVP\_FIX}}$	固定過電圧保護 (OVP) のスレッシュホールド電圧	V_{FB} 立ち上がり、 $V_{\text{OUT\_SCALE\_LOOP}} = 1$		1.1		V
$V_{\text{OVP\_FIX}}$	固定過電圧保護 (OVP) のスレッシュホールド電圧	V_{FB} 立ち上がり、 $V_{\text{OUT\_SCALE\_LOOP}} = 0.5$		2.2		V
$V_{\text{OVP\_FIX}}$	固定過電圧保護 (OVP) のスレッシュホールド電圧	V_{FB} 立ち上がり、 $V_{\text{OUT\_SCALE\_LOOP}} = 0.25$		4.4		V
$V_{\text{OVP\_FIX}}$	固定過電圧保護 (OVP) のスレッシュホールド電圧	V_{FB} 立ち上がり、 $V_{\text{OUT\_SCALE\_LOOP}} = 0.125$		6.6		V
V_{OVP}	過電圧保護 (OVP) のスレッシュホールド電圧	V_{FB} 立ち上がり	107%	116%	125%	
t_{OVPDLY}	OVP 遅延	100mV オーバードライブの場合		400		ns
V_{UVP}	低電圧保護 (UVP) スレッシュホールド電圧	V_{FB} 立ち下がり	73.9%	80%	87%	
t_{UVPDLY}	UVP フィルタ遅延			70		μs
	ヒカップ待機時間	ヒカップモード有効		56		ms
サーマル シャットダウン						
$T_{\text{J(SD)}}$	サーマル シャットダウンのスレッシュホールド ⁽¹⁾	温度上昇		165		$^{\circ}\text{C}$
$T_{\text{J(HYS)}}$	サーマル シャットダウン ヒステリシス ⁽¹⁾			15		$^{\circ}\text{C}$

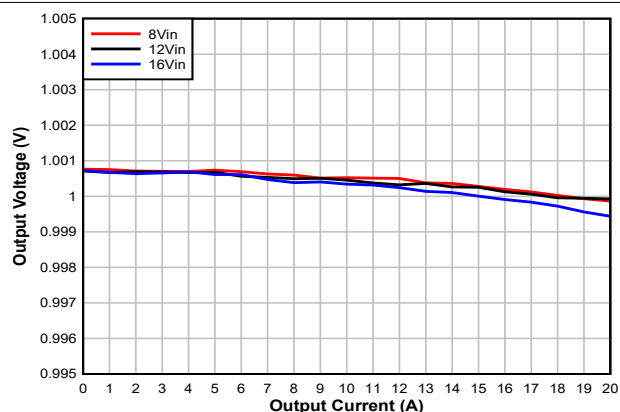
(1) 設計により規定されており、量産時にはテストされていません

6.6 代表的特性



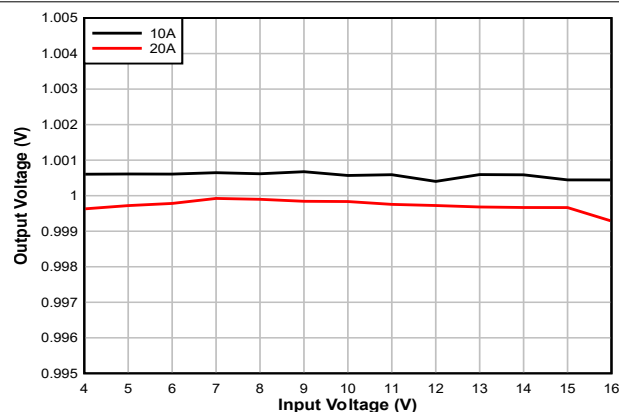
$L = 550\text{nH}$ $V_{\text{out}} = 1\text{V}$ Int Vcc
DCR = $1.56\text{m}\Omega$ 800kHz

図 6-1. 効率と出力電流との関係



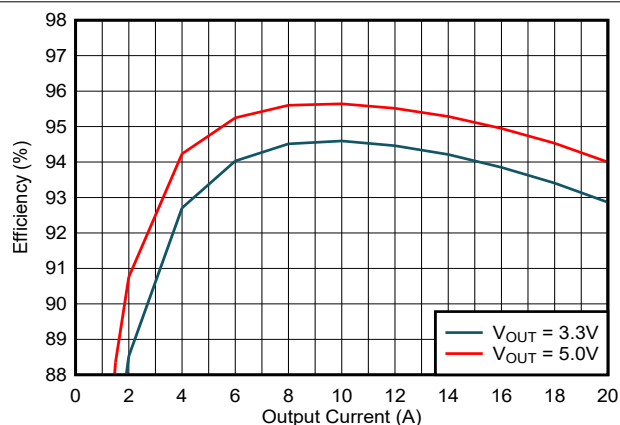
$L = 550\text{nH}$ $V_{\text{out}} = 1\text{V}$ Int Vcc
DCR = $1.56\text{m}\Omega$ 800kHz

図 6-2. ロードレギュレーション

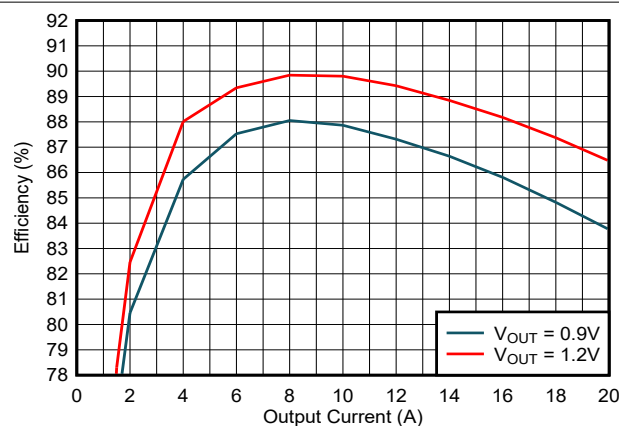


$L = 550\text{nH}$ $V_{\text{out}} = 1\text{V}$ Int Vcc
DCR = $1.56\text{m}\Omega$ 800kHz

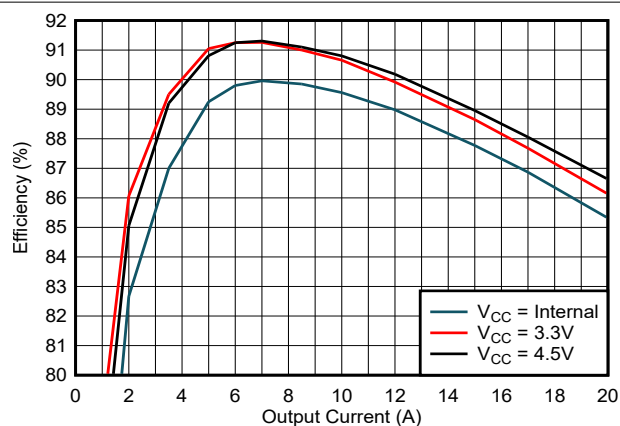
図 6-3. ラインレギュレーション



$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ $V_{\text{CC}} = \text{Internal}$ $F_{\text{SW}} = 800\text{kHz}$
 $L_{\text{OUT}} = 470\text{nH}$ $L_{\text{DCR}} = 0.32\text{m}\Omega$ FCCM

図 6-4. $V_{\text{OUT}} \geq 3.3\text{V}$ での効率

$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ $V_{\text{CC}} = \text{Internal}$ $F_{\text{SW}} = 800\text{kHz}$
 $L_{\text{OUT}} = 150\text{nH}$ $L_{\text{DCR}} = 0.37\text{m}\Omega$ FCCM

図 6-5. $V_{\text{OUT}} \leq 1.2\text{V}$ での効率

$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ $V_{\text{OUT}} = 1.25\text{V}$ $F_{\text{SW}} = 800\text{kHz}$
 $L_{\text{OUT}} = 550\text{nH}$ $L_{\text{DCR}} = 1.4\text{m}\Omega$ FCCM

図 6-6. $V_{\text{OUT}} = 1.25\text{V}$ での効率と V_{CC} との関係

6.6 代表的特性 (続き)

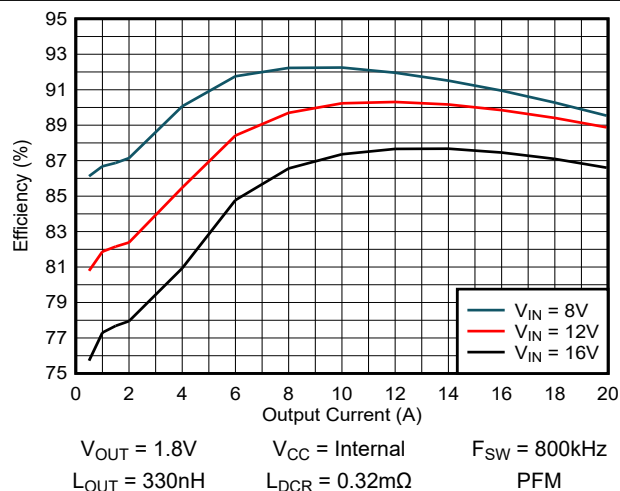


図 6-7. $V_{OUT} = 1.8V$ での効率と V_{IN} との関係

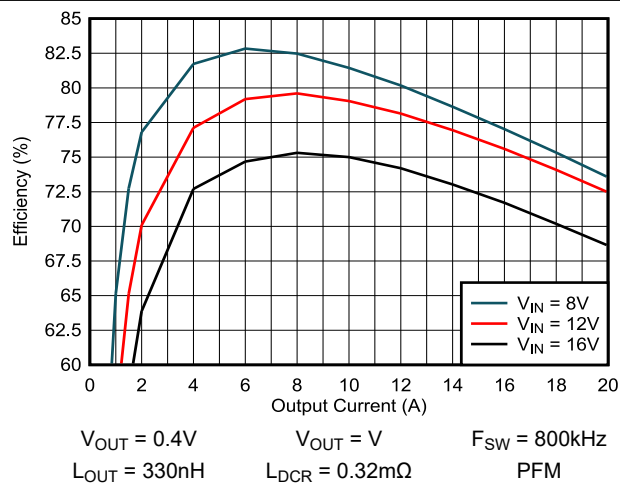


図 6-8. $V_{OUT} = 0.4V$ での効率と V_{IN} との関係

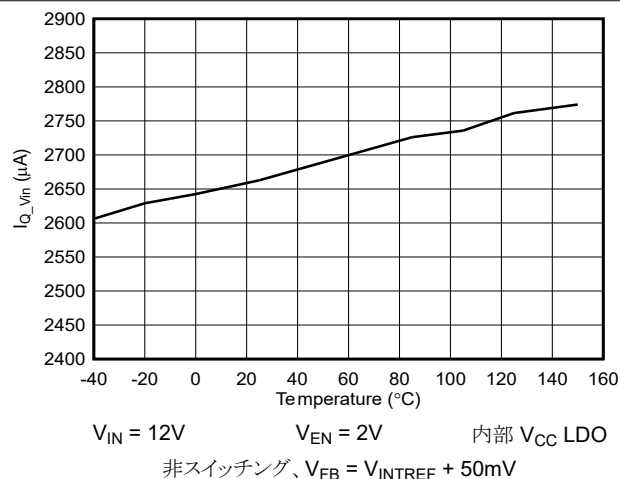


図 6-9. $I_{Q(VIN)}$ と接合部温度との関係

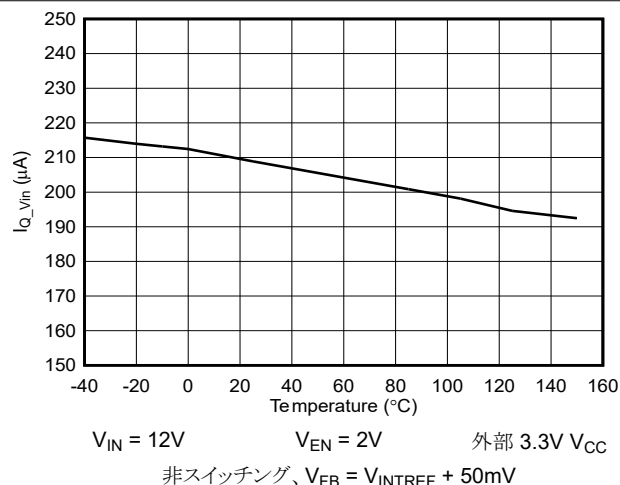


図 6-10. $I_{Q(VIN)}$ と接合部温度との関係

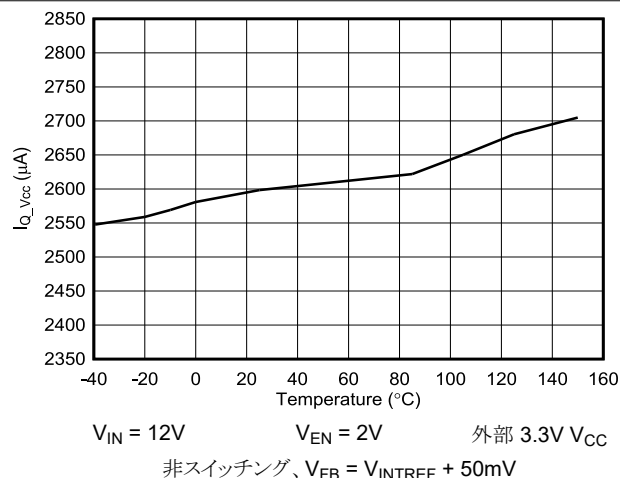


図 6-11. $I_{Q(VCC)}$ と接合部温度との関係

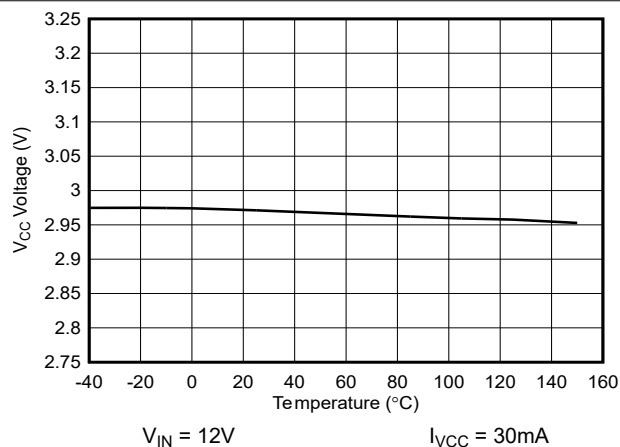


図 6-12. V_{CC} LDO と接合部温度との関係

6.6 代表的特性 (続き)

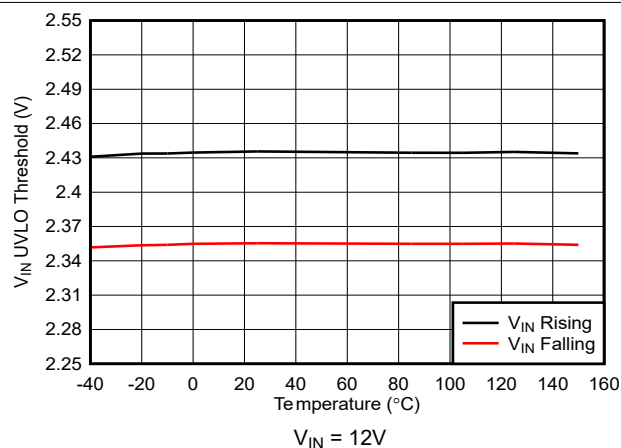
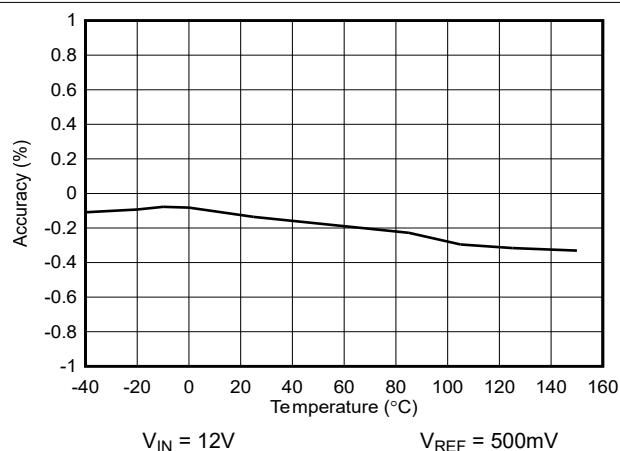
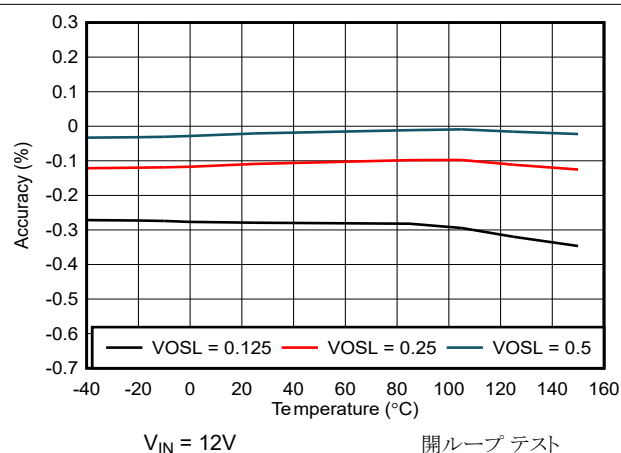
図 6-13. V_{IN} ピン低電圧誤動作防止と接合部温度との関係図 6-14. V_{REF} と接合部温度との関係

図 6-15. 内部抵抗分圧器の精度と接合部温度との関係

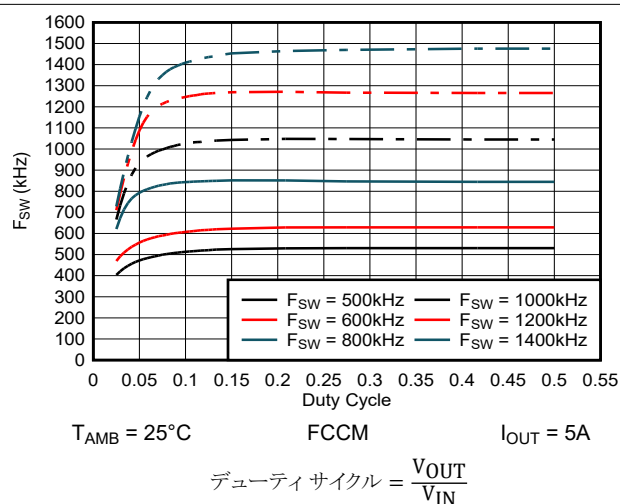


図 6-16. スイッチング周波数とデューティ サイクルとの関係

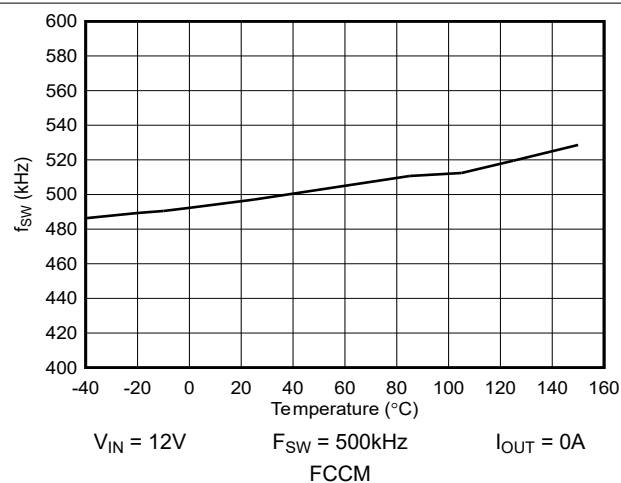


図 6-17. スイッチング周波数と接合部温度との関係

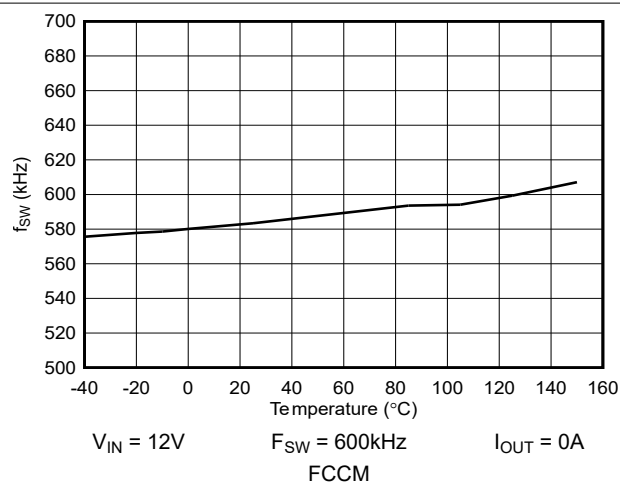


図 6-18. スイッチング周波数と接合部温度との関係

6.6 代表的特性 (続き)

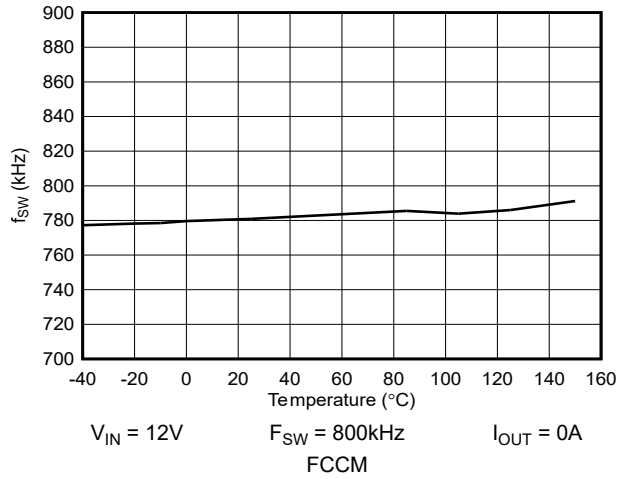


図 6-19. スイッチング周波数と接合部温度との関係

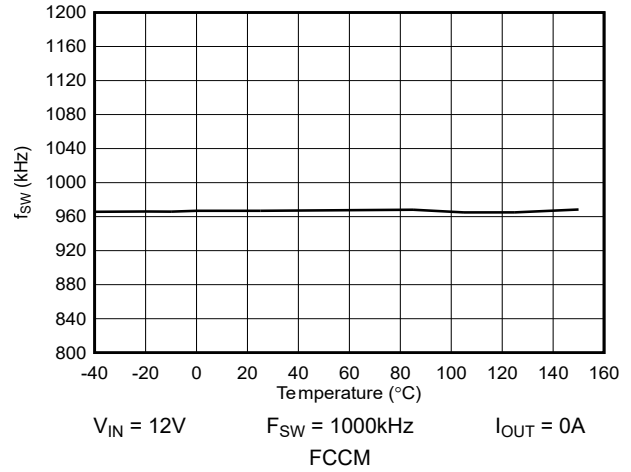


図 6-20. スイッチング周波数と接合部温度との関係

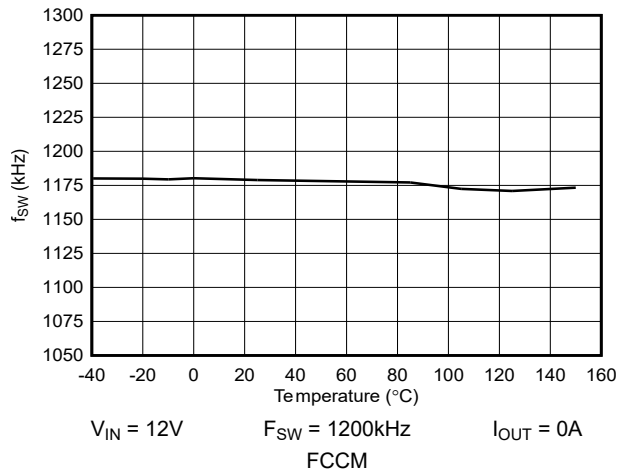


図 6-21. スイッチング周波数と接合部温度との関係

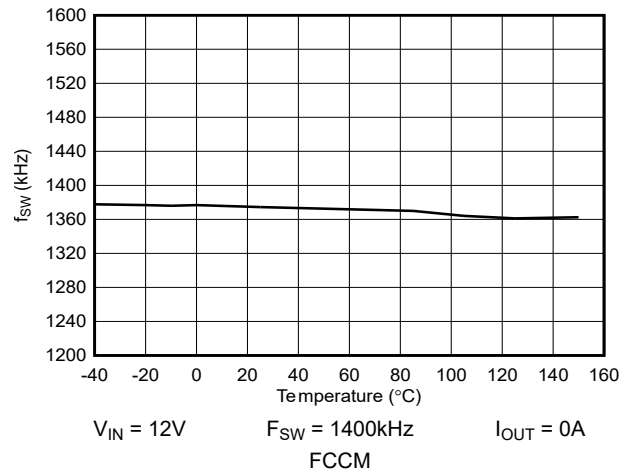


図 6-22. スイッチング周波数と接合部温度との関係

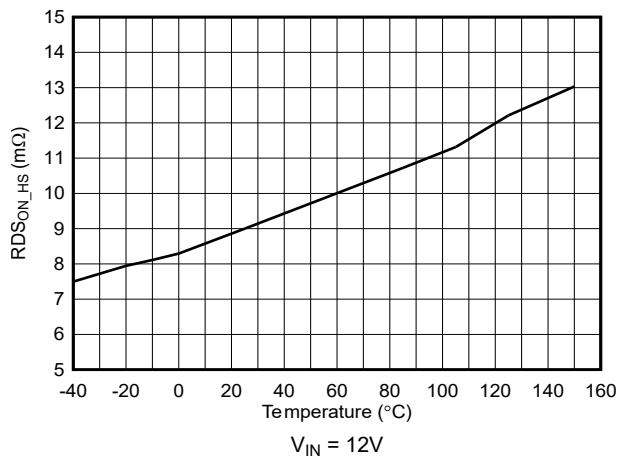


図 6-23. $R_{DS(on)(HS)}$ と接合部温度との関係

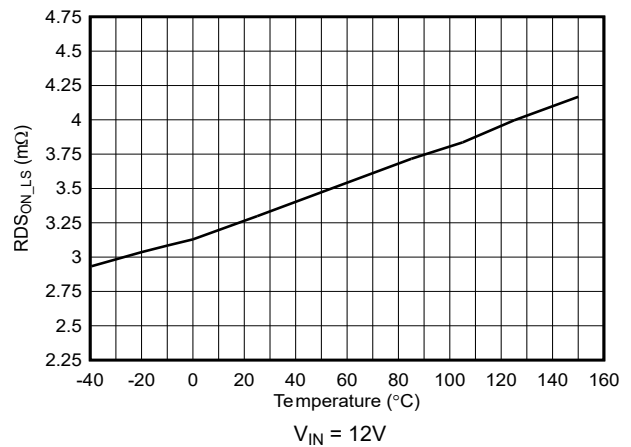


図 6-24. $R_{DS(on)(LS)}$ と接合部温度との関係

6.6 代表的特性 (続き)

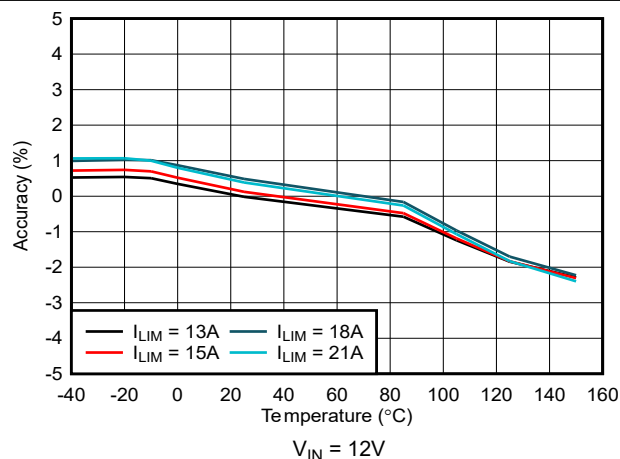


図 6-25. ローサイド バレー電流制限精度と接合部温度との関係

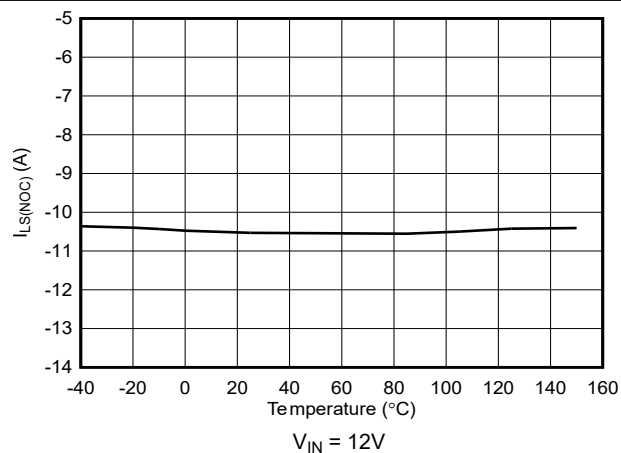


図 6-26. ローサイド負過電流制限と接合部温度との関係

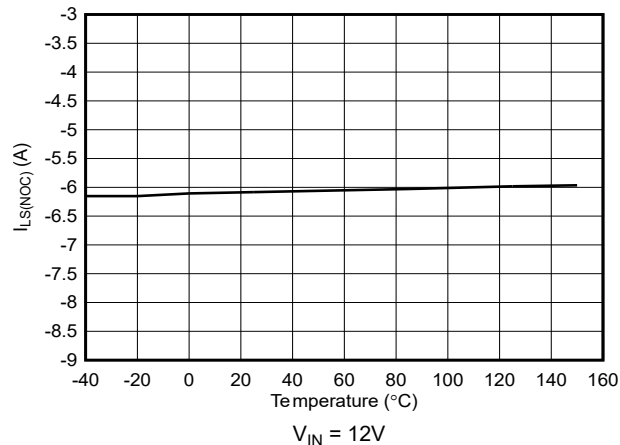


図 6-27. ローサイド負過電流制限と接合部温度との関係

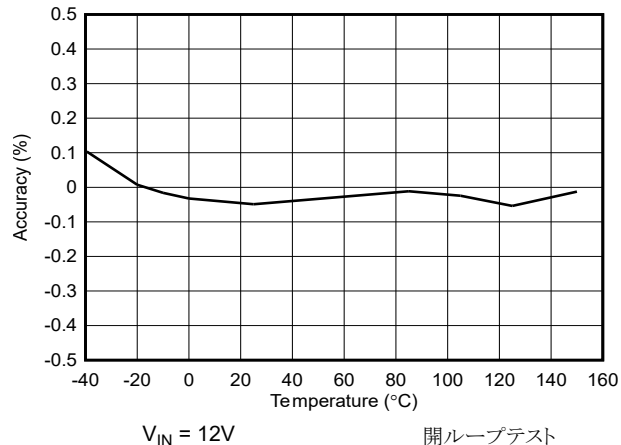


図 6-28. 出力電圧テレメトリの精度と接合部温度との関係

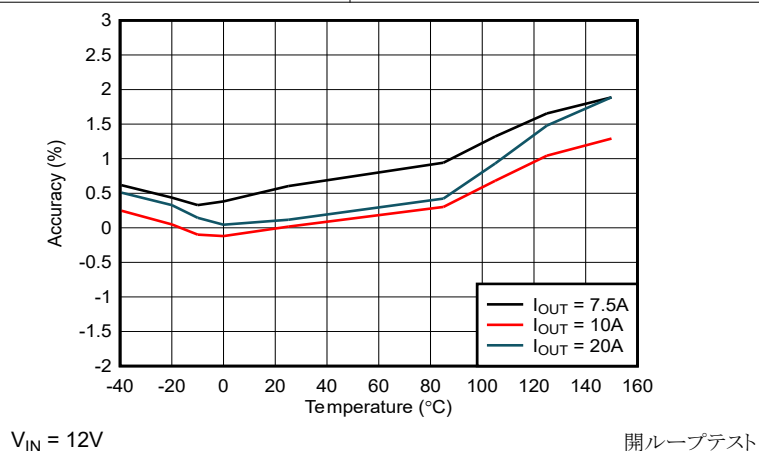


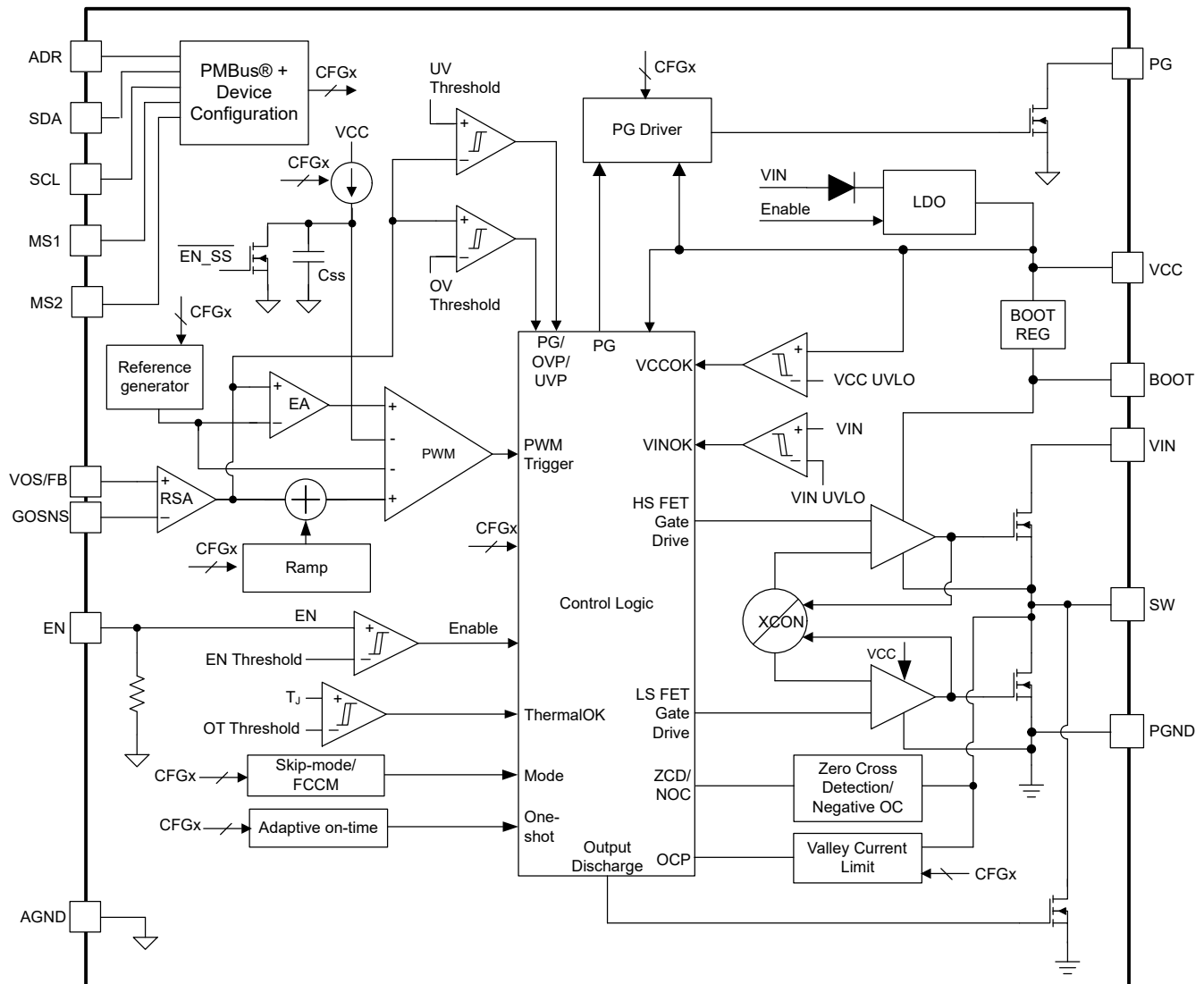
図 6-29. 出力電流テレメトリの精度と接合部温度との関係

7 詳細説明

7.1 概要

TPS544B28 デバイスは、高効率のシングル チャネル小型同期整流 降圧コンバータです。このデバイスは、サーバー、ストレージ、および同様のコンピューティング アプリケーションにおける 20A または 以下の出力電流の低出力電圧ポイント オブ ロード アプリケーション向けに設計されています。TPS544B28 は、独自の **D-CAP4** モード制御と適応型オン時間アーキテクチャを採用しています。この組み合わせにより、低デューティ比で超高速の負荷ステップ応答を持つ最新の DC/DC コンバータを優れた方法で構築できます。帰還分圧器で設定される出力電圧の範囲は、0.4V ~ 5.5V です。変換入力電圧の範囲は 2.7V ~ 16V、および VCC 入力電圧の範囲は 3.1V ~ 4.5V です。D-CAP4 変調器は、エミュレートされた電流情報を使用して変調を制御します。D-CAP4 変調器により、異なる出力電圧によるループゲイン変動が低減され、より高い出力電圧のアプリケーションで優れた過渡応答が得られます。この制御方式の利点として、この制御方式に外部位相補償回路が必要ないことが挙げられます。そのため、デバイスは使いやすく、外付け部品数も少なく済みます。この制御方式のもう 1 つの利点は、この制御方式が、すべての低 ESR 出力コンデンサ (セラミック コンデンサや低 ESR ポリマー コンデンサなど) で安定して動作できることです。最後に、適応型オン時間制御は、広い範囲の入力電圧および出力電圧にわたってプリセットされたスイッチング周波数を追跡すると同時に、負荷ステップ過渡が発生した際に必要に応じてスイッチング周波数を上昇させます。

7.2 機能ブロック図



7.3 機能説明

7.3.1 D-CAP4 制御

デバイスは D-CAP4 制御アーキテクチャを使用して、使いやすさを維持しながら高速の負荷過渡応答を実現します。この制御システムには、インダクタ電流のリプルをエミュレートし、電圧フィードバック信号と統合する内部リプル生成回路が組み込まれているため、高速応答と高精度の出力電圧レギュレーションを実現できます。D-CAP4 を使用すると、外部の電流検出、リプル注入、電圧補償回路が必要なく、多層セラミック コンデンサ (MLCC) や低 ESR ポリマー コンデンサなど、ESR が非常に低い出力コンデンサを使用できます。

従来の D-CAP2 や D-CAP3 アーキテクチャとは異なり、D-CAP4 は、スイッチング サイクルごとに固定ランプ振幅と順方向ゲイン パスを採用して、過渡応答とパルス周波数ジッタを改善しながら、エラー増幅器により高い DC 設定ポイント精度を実現します。D-CAP4 の主な利点は、出力電圧範囲全体にわたるループ ゲインの変動を最小限に抑えることにより、単一のランプ設定で一貫した高速な負荷過渡応答を実現できます。内部ランプ回路の R-C 時定数によって、ランプのゼロ周波数が設定されます。これは、他の R-C ベースの内部ランプ生成アーキテクチャと同様です。ループ ゲインの変動が小さくなるため、過渡応答を最適化するためのフィード フォワード コンデンサが不要になりました。さらに、固定ランプ振幅アーキテクチャにより、入力電圧によるループ ゲインの変動が排除されます。

このデバイスには、(D4h) COMP によって、ユーザーが選択できる 4 つの補償設定があります。内部基準 DAC 目標電圧が 750mV 以上の場合、デバイスはランプ振幅を自動的に増加させ、より高い実効ループ ゲインを補償し、より広範囲の基準電圧に対して安定した設定点を維持します。(D4h) COMP の SEL_SUMCOMP は、この補償調整の状態を示します。ユーザーは、(D4h) COMP のオーバーライド ビットに書き込むことにより、SEL_SUMCOMP を High または Low に適用できます。内部帰還の場合、出力電圧に (29h) VOUT_SCALE_LOOP を乗算して V_{REF_DAC} を推定します (たとえば、 $V_{OUT} = 1.6V$ および $VOUT\_SCALE\_LOOP = 0.5$ の場合、 V_{REF_DAC} は 800mV となります)。外部帰還を使用する場合、 V_{REF_DAC} は VOS/FB ピンの電圧と等しくなります。 V_{REF_DAC} ターゲットは、出力がディスエーブルのときにのみ更新されるため、デバイスのレギュレーション中に 750mV のスレッシュホールド値を (21h) VOUT_COMMAND で超えても、SEL_SUMCOMP の状態は変化しないことに注意してください。表 7-1 に、デジタル インターフェイスからアクセス可能なループ補償設定の詳細を示します。

表 7-1. COMP 設定値一覧

ランプ	SEL_RAMP (b)	相対有効ランプ振幅	
		SEL_SUMCOMP = 0b	SEL_SUMCOMP = 1b
RAMP1	00	2.1×	3.3×
RAMP2	01	1.6×	2.4×
RAMP3	10	1.4×	2.0×
RAMP4	11	1×	1.5×

RAMP2 と RAMP3 は、ランプ振幅が類似しているため、同様のループ帯域幅となります。これらの 2 つの設定の主な違いは、ランプ ゼロ周波数です。RAMP3 のランプ ゼロの位置が小さいほど、位相マージンが増加します。ただし、RAMP2 は RAMP3 よりも高速な過渡応答を実現します。RAMP2 は、同等のランプ振幅と比較して、ランプ ゼロの位置が大きいいため、周波数範囲全体でゲインが大きくなるためです。ほとんどのアプリケーションでは、RAMP2 の代わりに RAMP3 を使用する必要があります。RAMP3 は、L-C の重極周波数を使用するアプリケーションで位相ブーストを実現できますが、RAMP4 を使用できるのは、より高速な過渡応答よりジッタの最小化が重要な場合です。TI では、補償設定や出力 L-C の選定を評価する際には、TPS544B28 製品 ページ の技術資料セクションにあるカリキュレータの使用を推奨しています。

外部補償を使用しない制御トポロジでは、サポートできる出力フィルタには、最小範囲、最大範囲、またはその両方が存在します。代表的な降圧コンバータで使用する出力フィルタは、ローパス L-C 回路です。この L-C フィルタには、式 1 に説明されているように重極があります。

$$f_p = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L_{OUT} \times C_{OUT}}} \quad (1)$$

低周波数では、出力設定点分圧抵抗回路、およびデバイスの内部ゲインによって、全体のループゲインが設定されます。低周波数の L-C 二重極には、180 度の位相降下があります。出力フィルタ周波数では、10 進数毎にゲインが -40dB ロール オフし、位相は急速に減少します。内部リップル生成回路によって高周波数のゼロが導入されることで、ゲインのロール オフが 10 進数毎に -40dB から -20dB に減り、位相はゼロ周波数より 10 進数毎に 90 度増加します。

出力フィルタ用に選択されたインダクタとコンデンサは、式 1 の f_p 重極が表 7-2 のスケーリング定数を使用して計算された値を超えないようにする必要があります。内部 DCAP-4 ランプ振幅が一定に保たれるため、 V_{REF} を大きくすると $f_{p(MAX)}$ が減少します。基準電圧が増加すると、相対ランプ振幅は減少し、 $f_{p(MAX)}$ も減少します。

$$f_{p(MAX)} = \frac{10^3 \times K_{f\_LC}}{\sqrt{V_{REF\_DAC}}} \quad (2)$$

表 7-2. L-C 重極の最大値に関する計算定数

f_{sw} (kHz)	L-C 重極最大定数 K_{f_LC}							
	SEL_SUMCOMP = 0b0				SEL_SUMCOMP = 0b1			
	RAMP1	RAMP2	RAMP3	RAMP4	RAMP1	RAMP2	RAMP3	RAMP4
500	7.3	6.4	6.0	5.1	8.7	7.6	7.1	6.1
600	8.8	7.7	7.2	6.1	10.4	9.1	8.5	7.3
800	11.7	10.2	9.6	8.2	13.9	12.2	11.4	9.8
1000	14.6	12.8	12.0	10.2	17.4	15.2	14.2	12.2
1200	17.5	15.4	14.4	12.2	20.9	18.2	17.0	14.6
1400	20.4	17.9	16.8	14.3	24.4	21.3	19.9	17.1

各設定についてこれらのガイドラインに違反する L-C の重極周波数も可能ですが、測定時にアプリケーションで検証する必要があります。

注

(21h) **VOUT_COMMAND** による動的電圧スケーリングを使用するアプリケーションについては、TI では出力 L-C 重極周波数が、すべての目標電圧で式 1 を満たしていることを確認するように推奨しています。

アプリケーション要件を特定した後、出力インダクタンスは通常、インダクタのピークツーピークリップル電流がアプリケーションの最大出力電流の約 15% ~ 40% になるように設計されます。非常に小さい出力容量を選択すると、高周波の L-C 重極が発生し、L-C 重極周波数まで全体のループゲインは高く維持されます。内部リップル生成回路のゼロも比較的高い周波数であるため、出力容量が非常に小さいループではクロスオーバー周波数が高くなりすぎ、不安定性が発生する可能性があります。一般に、妥当な (より小さな) 出力容量が求められる場合には、出力リップル要件と負荷過渡要件を使用して、安定動作に必要な出力容量を決定できます。

MLCC を使用する場合は、設計の最終的な出力容量を決定する際に、ディレーティング特性を考慮します。たとえば、10μF、X5R、6.3V の仕様を持つ MLCC を使用する場合には、DC バイアスおよび AC バイアスによるディレーティングがそれぞれ 80% および 50% となります。実効的なディレーティングは、この 2 つの係数の積であり、この場合は 40%、4μF となります。アプリケーションで使用するコンデンサの具体的な特性については、コンデンサのメーカーに確認してください。

簡略化されたルールとして、TI は、ESR ゼロを持つ出力コンデンサが L-C 重極周波数の 10 倍未満になっている場合、安定性のために L-C の重極周波数を計算するときは無視することを推奨します。L-C 重極周波数は、低 ESR MLCC のみを使用して再計算する必要があります。混在タイプの出力コンデンサを使用する際のより正確な解析を行うため、TI ではシミュレーションまたは測定を推奨します。

最大出力容量に関する推奨値を得るには、L-C の二重極周波数がスイッチング周波数の 1/100 以上になるように、インダクタとコンデンサの値を選択します。この開始点から、次の基準を使用して基板上の小信号応答を確認します。基準は、ループクロスオーバーの位相マージンが 45 度を超えていることです。位相マージンが 45 度より大きい限り、実際の

最大出力容量はさらに大きくなる可能性があります。ただし、小信号測定 (ボード線図) を実行して設計を確認する必要があります。

L-C の二重極が動作周波数の 1/100 付近にある大型出力フィルタの場合は、追加の位相ブーストが必要になることがあります。 R_{FB_HS} と並列にフィードフォワード コンデンサを配置すると、外部フィードバックを使用する際に位相が増幅されます。内部フィードバックを使用する場合、SYS_CFG_USER1 の SEL_LC_H で内部ループ応答を調整できます。実際には、これは大出力フィルタの位相マージンを高めることができます。『フィードフォワード コンデンサ付きの内部的に補正される dc-dc コンバータの過渡応答の最適化』アプリケーション ノートも参照してください。

位相を増幅する以外に、フィードフォワード コンデンサは AC 結合を通じてより多くの V_{OUT} ノード情報を FB ノードに供給します。このフィードフォワードにより、負荷過渡イベント時に、 V_{OUT} 偏差に対する制御ループの応答を短縮できます。ただし、定常状態動作時のこのフィードフォワードにより、より多くの V_{OUT} リプルやノイズが FB に送られます。FB 上の高いリプルとノイズは通常、ジッタの増加、またはダブル パルス動作につながります。最終的なフィードフォワード コンデンサの値が、FB 上の位相マージン、負荷過渡性能、リプル、ノイズに与える影響をすべて考慮してください。TI は、周波数解析機器を使用してクロスオーバー周波数と位相マージンを測定することを推奨します。

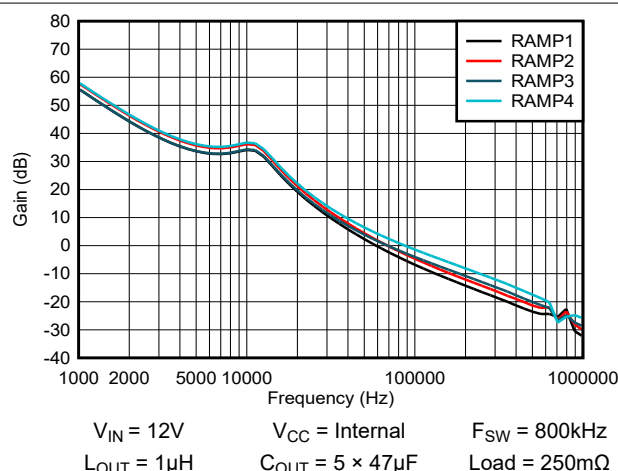


図 7-1. $V_{OUT} = 0.5V$ および SEL_SUMCOMP = 0 におけるゲインとランプ設定との関係のシミュレーション結果

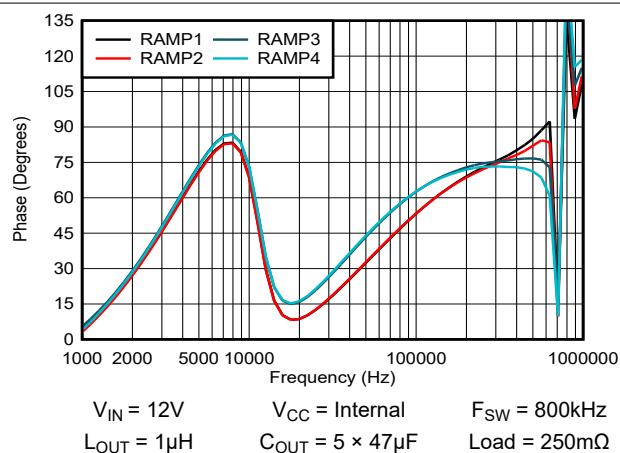


図 7-2. $V_{OUT} = 0.5V$ 、SEL_SUMCOMP = 0 における位相とランプ設定のシミュレーション結果

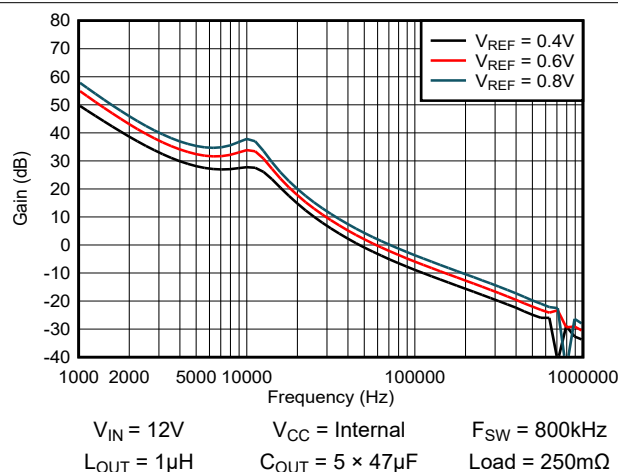


図 7-3. RAMP3 および SEL_SUMCOMP = 1 におけるゲインと V_{REF} との関係のシミュレーション結果

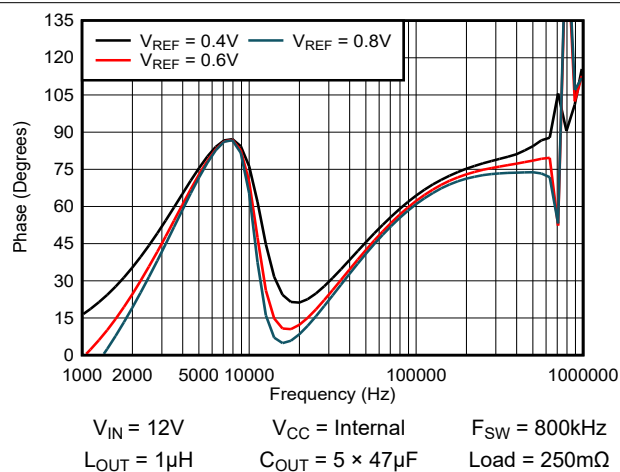


図 7-4. RAMP3 および SEL_SUMCOMP = 1 における位相と V_{REF} との関係のシミュレーション結果

7.3.2 内部 VCC LDO と VCC ピンへの外部バイアスの使用

TPS544B28 には内部 3.0V LDO があり、VIN からの入力を受け入れ、VCC への出力を備えています。VIN 電圧が UVLO スレッショルド ($V_{IN_{UVLO(R)}}$) を上回ると、内部 LDO がイネーブルになり、VCC ピンの出力電圧のレギュレーションを開始します。VCC 電圧は、内部アナログおよびデジタル回路にバイアス電圧を提供し、ゲートドライバに電源電圧も供給します。VCC ピンを、1 μ F、定格 6.3V 以上のセラミック コンデンサを使用して PGND にバイパスし、デバイスへの VCC-PGND 電流のリターン ループ パスをできる限り小さくします。TI では、VCC を AGND にバイパスすることは推奨しません。VCC バイパス コンデンサの推奨配置例については、[セクション 9.4](#) を参照してください。

内部 LDO の出力電圧より高い外部バイアスによって、内部 LDO がオーバーライドされる可能性があります。このオーバーライドにより、VCC 電流が、内部リニア レギュレータではなくこの外部バイアスで動作するため、コンバータの効率が向上します。3.1V ~ 4.5V の外部バイアスを使用すると、内蔵パワー MOSFET の $R_{DS(on)}$ を低減することで効率を向上させることができます。

VCC UVLO 回路は VCC ピンの電圧を監視し、VCC が VCC UVLO 立ち下がりスレッショルドを下回ると、コンバータ全体を無効にします。デバイスをスムーズに動作させるには、安定的でクリーンな VCC 電圧を維持する必要があります。

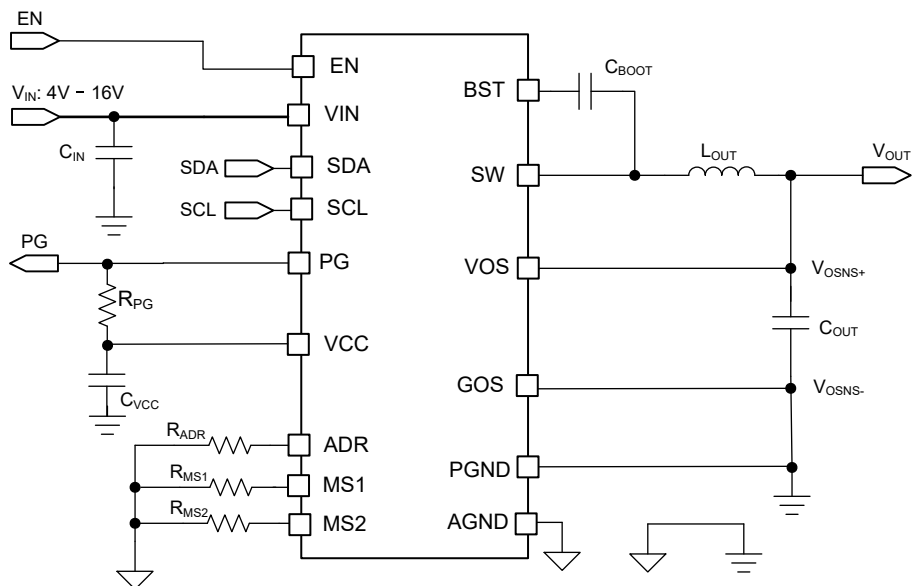
VCC ピンに外部バイアスを使用する際の検討事項を以下に示します。

- 外部バイアスが VCC ピンに十分早く(たとえば、EN 信号が入力される前)適用されると、内部 LDO パス デバイスは常にオフになり、内部アナログ回路は電源有効時に安定した電源レールを確保できます。
- TI では、この考慮事項については推奨していません。VCC ピンに外部バイアスが後期に印加される場合 (EN 信号が入った後など)、VCC ピンから過剰な電流が引き出されない限り、パワーアップ シーケンスおよびパワーダウン シーケンスを適用できます。このシーケンスでは、内部 VCC LDO の電流制限よりも大きく電流が流れる可能性がある VCC ピンの外部放電パスに注意してください。内部 VCC LDO の電流制限を超える負荷は、VCC 電圧を Low にして、UVLO 経由で VCC LDO をオフにし、コンバータ出力がシャットダウンされる可能性があります。
- 良好なパワーアップ シーケンスとは、VIN UVLO 立ち上がりスレッショルドよりも後で EN 立ち上がりスレッショルドの少なくとも 1 つまたは VCC UVLO 立ち上がりスレッショルドが満たされている状態のことです。例えば、実用的なパワーアップ シーケンスは次のとおりです。最初に VIN を印加した後に外部バイアスを印加し、次に EN 信号が High になります。

7.3.2.1 シングル バスからデバイスへの電力供給

デバイスは、単一の V_{IN} 構成で電源が供給されると正常に動作します。シングル V_{IN} 構成では、内部 LDO は通常 5V または 12V バスから電力を供給され、内部アナログ回路とパワー MOSFET ゲートドライバにバイアスをかける 3V 出力を生成します。この構成での V_{IN} 入力範囲は、最大 20A の負荷電流に対して 4V ~ 16V です。[図 7-5](#) に、この単一 V_{IN} 構成の例を示します。

V_{IN} と EN はデバイスを有効化するための 2 つの信号です。起動シーケンスの場合、 V_{IN} 信号と EN 信号との間の任意のシーケンスによってデバイスに正しく電源を供給することができます。

図 7-5. 12V バスを使用するシングル V_{IN} 構成

7.3.2.2 分割レール構成によるデバイスへの電力供給

メイン V_{IN} バスとは異なるレベルの外部バイアスを V_{CC} ピンに印加する場合、メイン V_{IN} バスと V_{CC} バイアスの両方を使用して分割レールにデバイスを構成できます。有効な V_{CC} バイアスを V_{CC} ピンに接続すると、内部 LDO がオーバーライドされ、内部 LDO での電力損失が低減されます。この構成は、システム レベル全体の効率を向上させますが、有効な V_{CC} バイアスが必要です。 V_{CC} バイアスには、3.3V レールが一般的な選択肢です。 V_{CC} バイアスが安定している場合、この構成での推奨 V_{IN} 入力範囲は 2.7V ~ 16V のままです。また、内部デジタル回路は V_{CC} から電力が供給されるため、ユーザーは V_{IN} バイアスがなく、 V_{CC} バイアスのみを使ってデバイスと通信できます。

外部バイアスのノイズは、内部アナログ回路に影響を及ぼします。正常な動作を確保するために、クリーンで低ノイズの外部バイアス、および V_{CC} ピンから PGND ピンへの十分なローカル デカップリング コンデンサが必要です。図 7-6 に、この分割レール構成の例を示します。

公称動作時の V_{CC} 外部バイアス電流は、バイアス電圧レベルと動作周波数によっても変化します。たとえば、デバイスをスキップ モードに設定すると、軽負荷状態で周波数が低下したときに、 V_{CC} ピンが外部バイアスから引き出す電流が少なくなります。 FCCM 動作時の V_{CC} 外部バイアス電流の標準値を、電気的特性に示します。外部バイアスにこの電流を供給できる必要があります。そうしないと、外部バイアス電圧が低下し、内部 LDO がオーバーライドできなくなります。

分割レール構成では、 V_{IN} 、 V_{CC} バイアス、 EN が部品を有効にする信号です。スタートアップ シーケンスでは、 TI は V_{CC} よりも後で、 V_{IN} UVLO 立ち上がりスレッシュホールドまたは EN 立ち上がりスレッシュホールドの少なくとも一つを満たすことを推奨します。実用的なスタートアップシーケンスの例は次のとおりです。

1. V_{IN} を印加
2. 外部 V_{CC} バイアスを印加
3. EN 信号が High に遷移

同様に、パワーダウン シーケンスについては、 TI は、外部 V_{CC} バイアス電源がオフになる前に、 V_{IN} UVLO 立ち下がりスレッシュホールドまたは EN 立ち下がりスレッシュホールドの少なくとも一つを満たすことを推奨します。最初に外部 V_{CC} バイアス電源がオフになると、デバイスの内部 LDO が V_{CC} 電圧を 3.0V 未満に低下させるのを防止し、外部 V_{CC} バイアス電源から電力を供給される他の回路によって負荷を供給します。

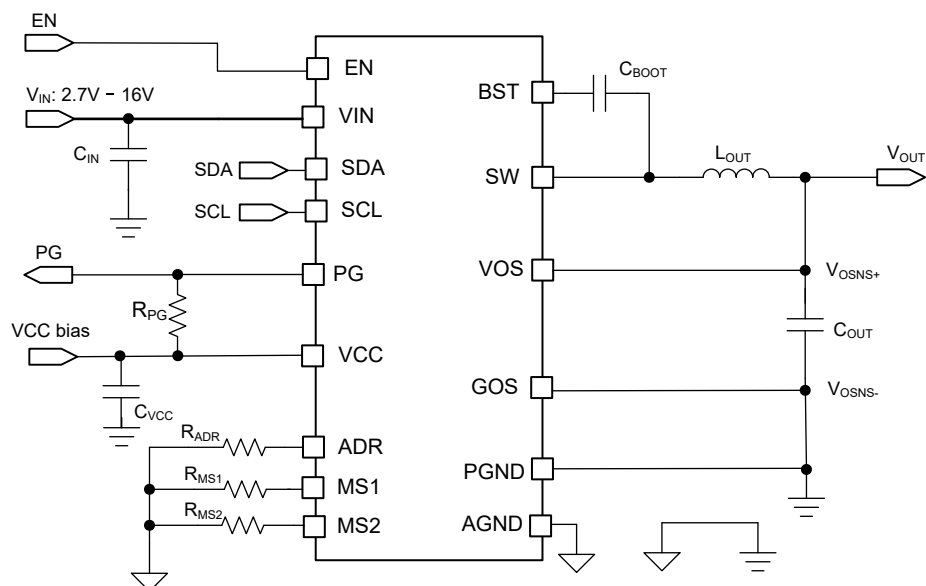


図 7-6. 外部 V_{CC} バイアスを使用した分割レール構成

7.3.3 マルチファンクション選択 (MS1) ピン

このデバイスでは、MS1 ピンと AGND ピンの間に抵抗を接続することで、スイッチング周波数、電流制限、ソフトスタート時間を選択できます。表 7-3 に、スイッチング周波数、動作モード、ソフトスタート選択の抵抗値を示します。デバイスの動作範囲全体で正確に検出するには、許容誤差 $\pm 1\%$ の抵抗と温度係数 $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ (標準値) が必要です。

MS1 の状態は、内部の電源オン遅延期間中に設定され、ラッチされます。電源オン遅延後に MS1 ピンの抵抗を変更しても、デバイスのステータスは変化しません。

内部回路が抵抗値を正しく検出するように、MS1 ピンにコンデンサを配置しないでください。

表 7-3. MS1 ピンの選択

AGND への MS1 ピン抵抗 (k Ω)	スイッチング周波数 (f _{sw}) (kHz) ⁽¹⁾	バレー電流制限 (A)	SS 時間 (ms)
0/GND	600 ⁽²⁾	21 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
0.82	1200	21	1
1.2	600	21	4
1.8	800	21	4
2.2	1200	21	4
2.7	600	18	1
3.3	800	18	1
3.9	1200	18	1
4.7	600	18	4
5.6	800	18	4
6.8	1200	18	4
8.2	600	15	1
10	800	15	1
12	1200	15	1
15	600	15	4
18	800	15	4
22	1200	15	4
27	600	13	1
39	800	13	1
47	1200	13	1
56	600	13	4
68	800	13	4
82	1200	13	4
≥ 118 (FLOAT/VCC)	800	21	1

(1) スwitchング周波数は、3.3V の出力電圧に基づいています。周波数は出力電圧によって変化します。

(2) 工場出荷時のデフォルト値。NVM が異なる値にプログラムされている場合、デバイスは NVM にプログラムされた値を使用します。

7.3.4 マルチファンクション選択 (MS2) ピン

デバイスは、MS2 ピンと AGND ピンとの間に抵抗を接続することで、出力電圧を選択できます。表 7-4 に、出力電圧を選択するための抵抗値がリストされています。デバイスの動作範囲全体で正確に検出するには、許容誤差 $\pm 1\%$ の抵抗と温度係数 $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ (標準値) が必要です。

PMBus を介して出力電圧のプログラム可能性を拡張することに加えて、0.4V ~ 0.8V の VOS/FB ピンのレギュレーション設定のいずれかを使用して、外部の帰還抵抗デバイダにより出力電圧を設定することもできます。

MS2 の状態は、内部の電源オン遅延期間中に設定され、ラッチされます。電源オン遅延後に MS2 ピンの抵抗を変更しても、デバイスのステータスは変化しません。

内部回路が抵抗値を正しく検出するように、MS2 ピンにコンデンサを配置しないでください。

表 7-4. MS2 ピンの選択

AGND への MS2 ピン抵抗 (k Ω)	VOS/FB ピンのレギュレーション (V)	外部フィードバックをサポート
0/GND	1.0 ⁽¹⁾	なし
0.82	0.4	あり
1.2	0.45	あり
1.8	0.5	あり
2.2	0.55	あり
2.7	0.6	あり
3.3	0.65	あり
3.9	0.7	あり
4.7	0.75	あり
5.6	0.8	あり
6.8	0.85	なし
8.2	0.9	なし
10	0.95	なし
12	1.05	なし
15	1.10	なし
18	1.15	なし
22	1.20	なし
27	1.25	なし
39	1.3	なし
47	1.5	なし
56	1.8	なし
68	2.5	なし
82	5.0	なし
≥ 118 (FLOAT/VCC)	3.3	なし

(1) 工場出荷時のデフォルト値。NVM が異なる値にプログラムされている場合、デバイスは NVM にプログラムされた値を使用します。

7.3.5 PMBus® アドレス (ADR) ピン

このデバイスでは、ADR ピンと AGND ピンの間に抵抗を接続することにより、PMBus® デバイス アドレスと故障回復モードを選択できます。表 7-4 に、アドレスおよび故障回復モード選択用の抵抗値を示します。デバイスの動作範囲全体で正確に検出するには、許容誤差 $\pm 1\%$ の抵抗と温度係数 $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ (標準値) が必要です。

ADR の状態は、内部の電源オン遅延期間中に設定され、ラッチされます。電源オン遅延後に ADR ピンの抵抗を変更しても、デバイスのステータスは変化しません。

内部回路が抵抗値を正しく検出するように、ADFR ピンにコンデンサを配置しないでください。

表 7-5. ADR ピンの選択

AGND への ADR ピン抵抗 (kΩ)	PMBus® アドレス	故障回復モード
0	0x21h	ヒカップ
0.82	0x22h	ヒカップ
1.2	0x23h	ヒカップ
1.8	0x24h	ヒカップ
2.2	0x25h	ヒカップ
2.7	0x26h	ヒカップ
3.3	0x29h	ヒカップ
3.9	0x2Ah	ヒカップ
4.7	0x2Bh	ヒカップ
5.6	0x2Ch	ヒカップ
6.8	0x2Dh	ヒカップ
8.2	0x2Eh	ヒカップ
10	0x21h	ラッチオフ
12	0x22h	ラッチオフ
15	0x23h	ラッチオフ
18	0x24h	ラッチオフ
22	0x25h	ラッチオフ
27	0x26h	ラッチオフ
39	0x29h	ラッチオフ
47	0x2Ah	ラッチオフ
56	0x2Bh	ラッチオフ
68	0x2Ch	ラッチオフ
82	0x2Dh	ラッチオフ
≥118 (FLOAT/VCC)	0x2Eh	ラッチオフ

7.3.6 出力電圧設定

TPS544B28 は、内部帰還分圧器と外部帰還分圧器の両方で、出力電圧の設定に対応しています。内部および外部のどちらのフィードバックを使用する場合でも、他の電圧に移行する前に、デバイスはまず、表 7-6 に記載されている事前定義されたブート電圧リストのいずれかにレギュレートする必要があります。

以下のセクションでは、ブート電圧の選択とその影響、内部フィードバックによる電圧設定、外部フィードバックによる電圧設定の概要を説明しています。

7.3.6.1 VBOOT と VOUT_SCALE_LOOP の設定

TPS544B28 は、(D5h) VBOOT により、32 の独自スタートアップ電圧設定をサポートしています。このうち、24 はデフォルトではピンストラップで使用でき、すべて NVM にプログラムできます。これらの設定によって、ソフト スタート時にこのデバイスがレギュレーションを開始する起動電圧と、このデバイスが現在のパワーオンサイクルに使用する (29h) VOUT_SCALE_LOOP の両方が決まります。(29h) VOUT_SCALE_LOOP の値は、起動時のピンストラップ検出中にラッチされ、次のパワーオンサイクルまで変更できません。

より高い柔軟性をユーザーに提供するため、(D1h) SYS_CFG_USER1 には、一部のブート電圧に使用される (29h) VOUT_SCALE_LOOP を調整する NRSA_L ビットが含まれています。これにより、ユーザーが電源オンサイクルで、(21h) VOUT_COMMAND でアクセスできる電圧の範囲が変更され、デフォルト設定よりも低い電圧にスルー レートで移行できます。NRSA_L を High に設定した後、変更を有効にするには、STORE_USER_ALL を使用して NVM にデータを書き込み、パワー サイクルを開始する必要があります。

注

NRSA_L で特定の V_{OUT} について (29h) **VOUT_SCALE_LOOP** を変更すると、内部 V_{REF_DAC} 設定ポイントも変化し、[セクション 7.3.1](#) に示すように補償設定に影響を及ぼす可能性があります。

(D5h) **VBOOT** および (29h) **VOUT_SCALE_LOOP** 設定は、[表 7-6](#) で指定されています。

表 7-6. VBOOT 設定値一覧

VBOOT [4:0] (10 進数)	VOUT_SCALE_LOOP (V/V)		V_{OUT} (V)
	NRSA_L = 0b	NRSA_L = 1b	
0	1	1	0.4
1	1	1	0.45
2	1	1	0.5
3	1	1	0.55
4	1	1	0.6
5	1	1	0.65
6	1	1	0.7
7	1	1	0.75
8	1	1	0.8
9	0.5	1	0.85
10	0.5	1	0.9
11	0.5	0.5	0.95
12	0.5	0.5	1.0
13	0.5	0.5	1.05
14	0.5	0.5	1.1
15	0.5	0.5	1.15
16	0.5	0.5	1.2
17	0.5	0.5	1.25
18	0.5	0.5	1.3
19	0.5	0.5	1.5
20	0.5	0.5	1.6
21	0.25	0.5	1.7
22	0.25	0.5	1.8
23	0.25	0.25	2
24	0.25	0.25	2.25
25	0.25	0.25	2.5
26	0.25	0.25	2.75
27	0.25	0.25	3.0
28	0.125	0.25	3.3
29	0.125	0.25	3.6
30	0.125	0.125	4.5

表 7-6. VBOOT 設定値一覧 (続き)

VBOOT [4:0] (10 進数)	VOUT_SCALE_LOOP (V/V)		V _{OUT} (V)
	NRSA_L = 0b	NRSA_L = 1b	
31	0.125	0.125	5.0

7.3.6.2 出力電圧の設定 (内部フィードバック)

マージン設定なしで内部フィードバックを使用する場合、出力は次の 2 つの設定によって決定されます。(21h) VOUT_COMMAND および (29h) VOUT_SCALE_LOOP。(21h) VOUT_COMMAND は、エラー アンプへのリファレンス DAC 入力を調整するために使用され、0.25 ~ 0.9V の範囲内で設定できます。(29h) VOUT_SCALE_LOOP は、内部分圧抵抗のゲインを 1、0.5、0.25、0.125 のいずれかに指定します。(20h) VOUT_MODE で定義されているように、(21h) VOUT_COMMAND の LSB は 0.976mV です。

(21h) VOUT_COMMAND の推奨値の範囲は、設定されている (29h) VOUT_SCALE_LOOP によって決まります。この設計では、(21h) VOUT_COMMAND 値がこの推奨範囲内に制限されません。可能な最大 VOUT は 5.505V です。各 (29h) VOUT_SCALE_LOOP 設定の出力電圧の推奨範囲は、表 7-7 で定義されます。

PMBus またはピン ストラップを使用してレギュレート電圧を設定する場合、コマンドされる出力電圧 (ボルト単位) は、(21h) VOUT_COMMAND、(25h) VOUT_MARGIN_HIGH、(26h) VOUT_MARGIN_LOW、(01h) OPERATION、および (20h) VOUT_MODE の組み合わせによって決定されます。これらは、式 3 で定義されています。

$$V_{OUT} = VOUT\_MODE \times (VOUT\_COMMAND + ((VOUT\_MARGIN\_HIGH - 1) \times VOUT\_COMMAND \times OPERATION[5]) - ((1 - VOUT\_MARGIN\_LOW) \times VOUT\_COMMAND \times OPERATION[4])) \quad (3)$$

表 7-7. 出力電圧の推奨範囲

VOUT_SCALE_LOOP (V/V)	V _{OUT} の推奨範囲 (V)	VOUT_COMMAND 推奨範囲 (10 進数)
1	0.35 ~ 0.9	359 ~ 922
0.5	0.5 ~ 1.8	512 ~ 1844
0.25	1.4 ~ 3.6	1434 ~ 3687
0.125	2.8 ~ 5.505	2868 ~ 5637

7.3.6.3 出力電圧の設定 (外部フィードバック)

外部フィードバックを使用する場合、R_{FB_T} と R_{FB_B} で構成される分圧抵抗を使用します。R_{FB_T} は、FB ピンと負荷の正ノードの間に接続し、R_{FB_B} を FB ピンと GOS ピンの間に接続します。FB ピンは内部リファレンス (V_{REF}) に調整されます。推奨される R_{FB_B} の値は 10kΩ で、1kΩ から 20kΩ までの範囲です。R_{FB_T} を決定するには、式 4 を使用します。

$$R_{FB\_T} = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{V_{REF}} \times R_{FB\_B} \quad (4)$$

外部フィードバックを使用する場合、(29h) VOUT_SCALE_LOOP が 1 である (D5h) VBOOT 値のみがサポートされます (表 7-6 を参照)。ただし、引き続き (21h) VOUT_COMMAND を使用して、V_{REF} を推奨範囲内で動的に変更することもできます。

V_{OUT} 全体の精度を向上させるには、FB 電圧分圧器に ±1% 以内の精度の抵抗を使用することを強く推奨します。FB ピンに接続されるパターン長を最小限に抑えるため、FB 電圧分圧抵抗は、デバイスの近くに配置する必要があります。

7.3.7 スイッチング周波数

TPS544B28 を使用すると、MS1 または (33h) FREQUENCY_SWITCH のピン ストラップによりスイッチング周波数を選択でき、(D1h) SYS_CFG_USER1 の FCCM ビットにより FCCM/PFM 動作モードを選択できます。デジタル プログラミング可能なスイッチング周波数のオプションについては、表 7-8 を参照してください。

表 7-8. FREQUENCY_SWITCH 設定値一覧

FREQUENCY_SWITCH [3:0]		スイッチング周波数 (kHz)
≥	≤	
0d	4d	500
5d	5d	600
6d	6d	800
7d	8d	1000
9d	9d	1200
10d	15d	1400

7.3.8 動的電圧スルーレート

TPS544B28 には、(27h) **VOUT_TRANSITION_RATE** が搭載されており、出力電圧レベルが変化するときのスルー レートを設定できます。選択できるオプションの概要を表 7-9 に示します。

表 7-9. VOUT_TRANSITION_RATE 設定値一覧

VOUT_TRANSITION_RATE [6:0]		スルー レート (mV/μs)
≥	≤	
0d	19d	1.625
20d	38d	3.25
39d	77d	6.5
78d	127d	13

出力電圧の遷移中に、出力コンデンサへの急速な充電または放電に起因して、電力段に余分な突入電流が流れます。OCL または NOC 設定から十分な余裕がない場合、この突入電流と負荷電流の合計により、過電流保護がトリガされる可能性があります。たとえば、VOUT の昇圧遷移中の正のインダクタ電流は公称動作よりも大きくなります。LS バレー OCL スレッシュホールドが比較的強く設定され、追加の突入電流が許容されない場合、インダクタ電流はサイクル単位の過電流制限機能によって制限される可能性があるため、実際の昇圧スルーレートは目的の値よりも低くなります。同様の状況として、無負荷状態での VOUT の降圧遷移も発生する可能性があります。VOUT の降圧遷移中の負のインダクタ電流は、公称動作よりも負に大きくなります。ただし、インダクタ電流は、負の OC スレッシュホールドよりも負に大きくなりません。そのため、VOUT 降圧遷移中に NOC 動作がトリガされると、実際の降圧スルーレートは目的の値よりも低くなります。

7.3.9 イネーブル

EN ピンの電圧が有効スレッシュホールド電圧 ($V_{EN(R)}$) を上回り、VIN が VIN UVLO 立ち上がりスレッシュホールドを上回ると、デバイスは内部パワーアップシーケンスに入ります。

EN ピンには内部フィルタがあり、小グリッチによる予期しないオン/オフを防止します。この RC フィルタの時定数は 2μs です。たとえば、理想的な立ち上がりエッジで 0V から 3.3V にジャンプする EN ピンに 3.3V 電圧ソースを印加すると、内部の EN 信号は 2μs の後で 2.1V に達します。これは、印加されている 3.3V 電圧レベルの 63.2% です。

EN ピンと AGND ピンの間に内部プルダウン抵抗が実装されています。このプルダウン抵抗により、起動前に EN ピンをフローティングにすると、デバイスは無効状態に維持されます。EN ピンの分圧抵抗を使用して、デバイスがスタートアップシーケンスを開始する入力電圧を上昇させることができます。外付け分圧抵抗を使用する場合は、内部プルダウン抵抗を考慮する必要があります。EN の立ち上がりおよび立ち下がりスレッシュホールドへの影響を低減するために、この内部プルダウン抵抗は 1MΩ です。電力段が切り替わるときの公称動作中、この大きな内部プルダウン抵抗は、EN ピンを Low に保持するのに十分なノイズ耐性を備えられないため、デバイスが無効状態に移行するのに十分なレベルになりません。

外付けの分圧抵抗が EN ピンに接続されている場合、EN 電圧が立ち上がりスレッシュホールドを超えると追加の 5μA 電流源がアクティブになり、有効立ち下がりスレッシュホールド電圧 ($V_{EN(F)}$) と外付け抵抗に基づいて、プログラム可能なヒステリシスを提供します。

EN ピンの推奨動作条件は最大 5.5V です。VIN が 5.5V を超える可能性がある場合は、EN ピンを VIN ピンに直接接続しないでください。

7.3.10 ソフト スタートとソフト ストップ

このデバイスには、選択可能なソフト スタート時間 (0.5ms、1ms、2ms、4ms) が実装されており、ピンストラップまたはデジタル インターフェイスで構成できます。ソフト スタート時間は、(61h) **TON_RISE** により、デジタルで構成できます (表 7-10 を参照)。また、このデバイスは、ソフト スタート時間に応じたソフトストップ時間が実装されており、(01h) **OPERATION** で有効/無効を設定できます。ソフト ストップが有効ではない場合、デバイスは無効時に [セクション 7.3.17](#) で定義されているとおりに動作します。

表 7-10. TON_RISE 設定値一覧

TON_RISE [3:0]		ソフト スタート時間 (ms)
$\geq$	$\leq$	
0d	1d	0.5
2d	3d	1
4d	7d	2
8d	15d	4

このデバイスには、有効時からスイッチング開始までの間に設定可能なオプションの (60h) **TON_DELAY** と、無効時と電圧低下の開始まで間に (64h) **TOFF_DELAY** が含まれています。タイミングについては、[ソフト スタートとソフト ストップのタイミング](#) に概要を示します。

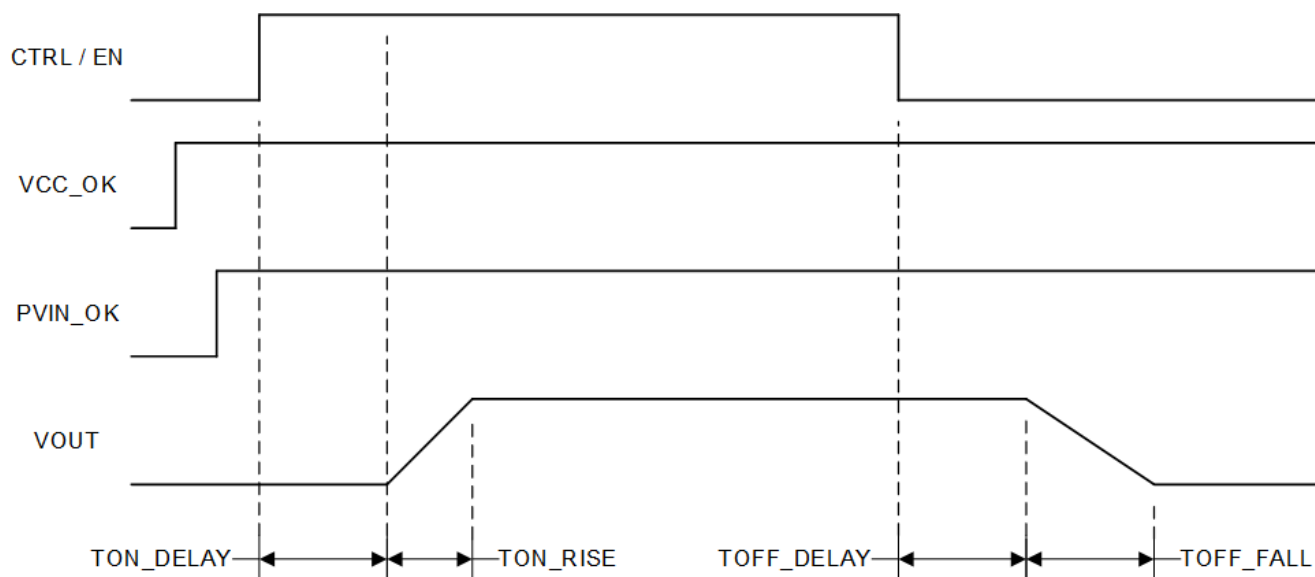


図 7-7. ソフト スタートとソフト ストップのタイミング

注

実際には、 V_{OUT} の立ち下がり時間は (65h) **TOFF_FALL** と完全には一致しません。これは、内部フィードバックでは出力電圧が $V_{OUT} = 50\text{mV}$ まで、外部フィードバックでは $V_{FB} = 50\text{mV}$ で放電した後、デバイスがスイッチングを停止するためです。

7.3.11 パワー グッド

デバイスには、パワーグッド (PG または PGOOD) 出力があり、これが high になり、コンバータ出力がレギュレーション状態になったことを示します。パワーグッド出力はオープンドレイン出力であり、high にするには、プルアップ抵抗 (通常

30.1kΩ) を介して VCC ピンまたは外部電圧源 (< 5.5V) にプルアップする必要があります。パワーグッド プルアップ抵抗の推奨値は、1kΩ から 100kΩ への接続です。

注

外部電圧源を使用して PG ピンをプルアップするシステムでは、この同じ外部電圧源を使用して VCC ピンをバイアスすることを推奨します。

ソフトスタート ランプが完了すると、内部遅延 t_{PG_DLY} の後で、パワーグッド信号が High になります。SS 電圧が $V_{SS(DONE)}$ に達すると、内部ソフト スタート完了信号が High になり、ソフト スタート ランプが完了したことを示します。FB 電圧が V_{REF} 電圧の 85% まで低下した場合、または V_{REF} 電圧の 110% を超えた場合、内部で 4μs の遅延後、パワーグッド信号が Low にラッチされます。パワーグッド信号は、EN を再度切り替えるか VIN がリセットされた後でのみ再度 High にできます。

OV イベントによってソフトスタート中に FB 電圧が OV スレッショルドを超えたが、ソフトスタートが完了する前に FB 電圧が OV スレッショルドを下回った場合、FB が OV スレッショルドを超えるか、または UV スレッショルドを下回るまで、パワーグッド信号は Low をラッチしません。OV または UV イベントは、ソフトスタート ランプが完了した後に、パワーグッド信号が Low にラッチされる必要があります。しかし、ソフト スタート中に FB が OV スレッショルドを超えると、OV 故障がトリガされ、OV に対するデバイスの応答は(「過電圧保護と低電圧保護」を参照してください) 通常、出力電圧を UV スレッショルドよりも低くします。

入力電源がデバイスの電源投入に失敗した (たとえば、VIN と VCC が両方とも 0V のままの) 場合、このピンが外部抵抗を介してプルアップされると、パワーグッド ピンは「電氣的特性」のパワーグッド セクションで指定された Low レベルにクランプされます

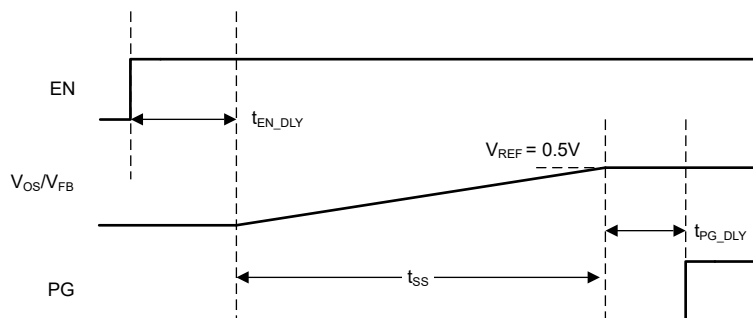


図 7-8. EN、SS、および PG のタイミング図

7.3.12 過電圧および低電圧保護

このデバイスは、抵抗分割されたフィードバック電圧を監視して、過電圧および低電圧イベントを検出します。OVP 機能は、出力が有効になると有効になります。UVP 機能は、ソフト スタートの完了後に有効になります。

ソフトスタートが完了した後で、FB 電圧が V_{REF} 電圧の 85% を下回ると、UVP コンパレータはトリップし、内部 UVP 遅延カウンタがカウントを開始します。70μs の UVP 遅延時間が経過すると、(45h) VOUT_UV_FAULT_RESPONSE で選択した故障回復モードに応じて、デバイスはソフト スタートの 56ms のスリープ時間の経過後にヒカップ (一時中断) して再起動するか、ハイサイドとローサイドの両方の MOSFET をラッチオフします。ラッチオフ障害は、VIN をリセットするか、EN ピンを切り替えることでクリアできます。UVP フォルトが発生すると、(79h) STATUS_WORD の VF ビットが設定され、(03h) CLEAR_FAULTS でクリアできます。

出力が有効のとき、UVP コンパレータをクリアするには、FB 電圧を PG の low から high へのスレッショルドである 90% を上回る必要があります。FB 電圧がソフト スタート周期の終了までに 90% スレッショルドを超えなかった場合、デバイスは低電圧イベントに応答します。

UVP 遅延時間中に、FB 電圧が PG の Low から High へのスレッシュホールドである 90% を上回ると、低電圧イベントがクリアされ、タイマはゼロにリセットされます。出力電圧が 85% UVP スレッシュホールドを再度下回ると、70 μ s のタイマが再起動します。

FB 電圧が V_{REF} 電圧の 110% より高くなると、OVP コンパレータがトリップし、回路が故障状態をラッチして、PG ピンを Low に駆動します。負の電流制限 I_{NOCL} に達するまで、ハイサイド MOSFET がオフになり、ローサイド MOSFET がオンになります。負の電流制限値に達すると、ローサイド MOSFET がオフになり、適切なオン時間 ($V_O / I_{IN} / f_{SW}$ で決定) のため、ハイサイド MOSFET が再度オンになります。デバイスは、UVP スレッシュホールド未満に出力電圧がブルダウンされるまで、このモードで動作します。その後、このデバイスは、低電圧イベントにตอบสนองします。これは、(41h) **VOUT_OV_FAULT_RESPONSE** で定義されているとおりです。OVP フォルトが発生すると、(78h) **STATUS_BYTE** の OVf ビットと (79h) **STATUS_WORD** の VF ビットの両方が設定され、(03h) **CLEAR_FAULTS** でクリアできます。

出力が有効になる前に過電圧状態 (High プリバイアス出力など) が発生した場合、デバイスはソフトスタート周期の開始時に、上記のように過電圧イベントにตอบสนองします。デバイスは、UVP が有効になるまでソフトスタート周期が完了するまで待機します。また、選択された故障回復モードに応じて、デバイスをヒカップして再起動するか、56ms の 14 倍のスリープ時間後に再起動するか、オフにラッチされます。

ピンストラップで故障応答を設定すると、OVP と UVP の両方で故障応答は同じになります。ただし、異なる応答が必要な場合は、(41h) **VOUT_OV_FAULT_RESPONSE** および (45h) **VOUT_UV_FAULT_RESPONSE** で、それぞれ個別に設定できます。

追加の保護層として、このデバイスには固定 OVP を実装しています。これは、パーセンテージベースの OVP とは異なり、ソフトスタートを完了する前でもアクティブになります。固定 OVP スレッシュホールドは (29h) **VOUT_SCALE_LOOP** によって決定され、(D1h) **SYS_CFG_USER1** で有効 / 無効にできます。固定 OVP スレッシュホールドは、表 7-11 で定義されます。

表 7-11. 固定 OVP スレッシュホールド

VOUT_SCALE_LOOP (V/V)	固定 OVP スレッシュホールド (V)
1	1.1
0.5	2.2
0.25	4.4
0.125	6.6

7.3.13 リモート センス

デバイスは、GOS/FB ピンと VOS ピンの間にリモートセンス アンプを内蔵しています。リモート センス機能は、PCB トレース上の電圧降下を補正し、定常動作および負荷過渡イベント時の V_{OUT} 精度を維持するのに役立ちます。

内部フィードバックを使用する場合、GOS/FB ピンと VOS ピンをリモート センシングのポイントに直接接続する必要があります。外部フィードバックを使用する場合、 R_{FB_T} と GOS の上側をリモート検出ポイントに接続する必要があります。外部帰還を使用する場合、VOS /FB ピンに接続されるパターン長を最小限に抑えるため、分圧器をデバイスのできるだけ近くに配置する必要があります。

内部または外部フィードバックのどちらを使用する場合であっても、センシング ネットワークからリモート位置への接続は、0.1 μ F 以上の高周波ローカル バイパス コンデンサでケルビン センシングを行う一対の PCB トレースで行う必要があります。安定した出力電圧を維持し、リップルを最小限に抑えるには、インダクタや SW ノード、高周波クロックラインなどのノイズ源から、1 対のリモート検出ラインを離して配置する必要があります。リモート検出ラインのペアを上下のグランドプレーンでシールドすることを TI は推奨します。

シングルエンド V_{OUT} センシングは多くの場合、ローカル センシングに使用されます。この構成では、ローカル センスポイントで、VOS (内部) または R_{FB_T} の上側 (外部) のいずれかを 0.1 μ F 以上の高周波ローカル バイパス コンデンサに接続し、さらに GOS を AGND に短絡させます。

推奨される GOS 動作範囲 (AGND ピンを基準とする) は -100mV ~ +100mV です。

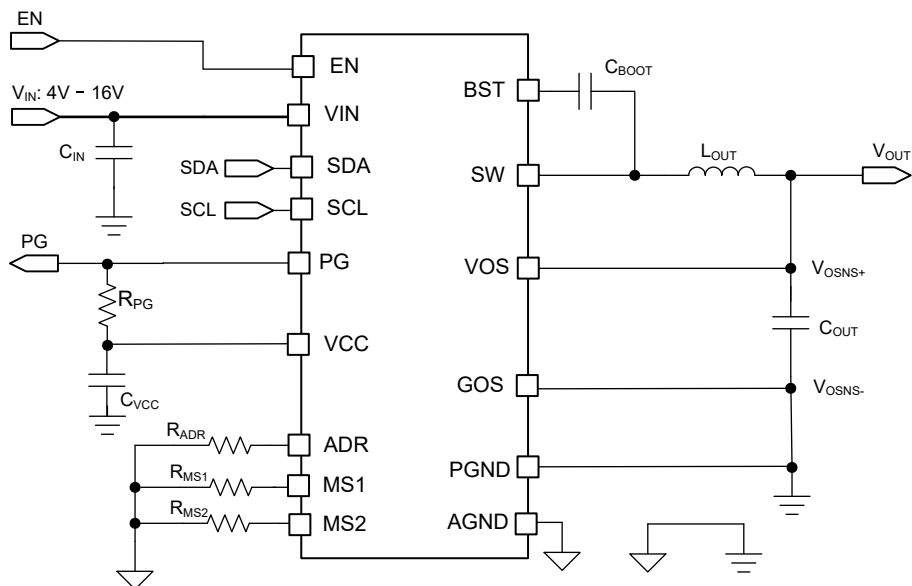


図 7-9. 内部フィードバックとリモート センスによる出力電圧設定

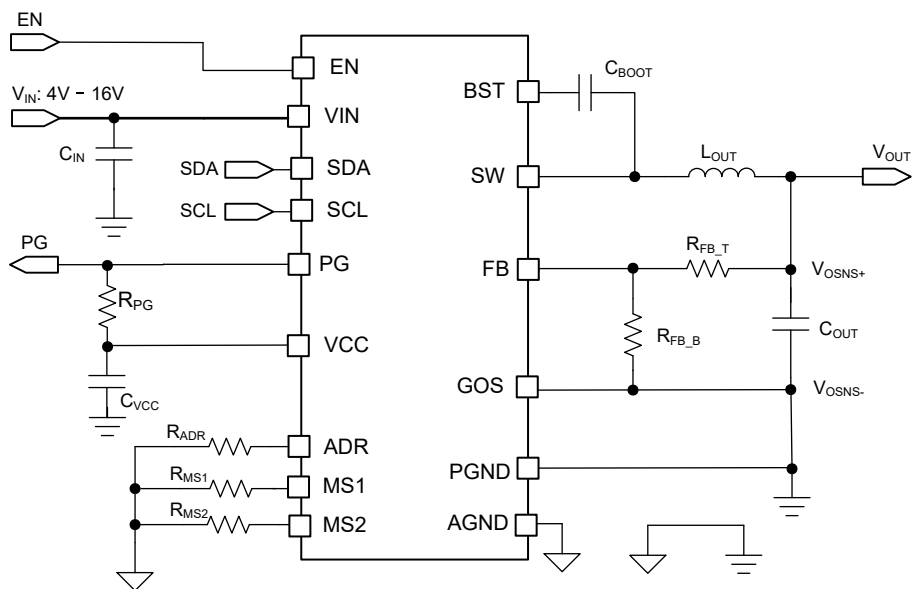


図 7-10. 外部フィードバックとリモート センスによる出力電圧設定

一部のユーザーは、ローカルとリモートの両方のセンス情報をデバイスにフィードバックする、ブレンドしたセンシング方式を好みます。このトポロジには、リモート センストレースが損傷または切断された場合に備えて、保護層が追加されるという利点もあります。ブレンドリモート センスの例については、[図 7-10](#) を参照してください。

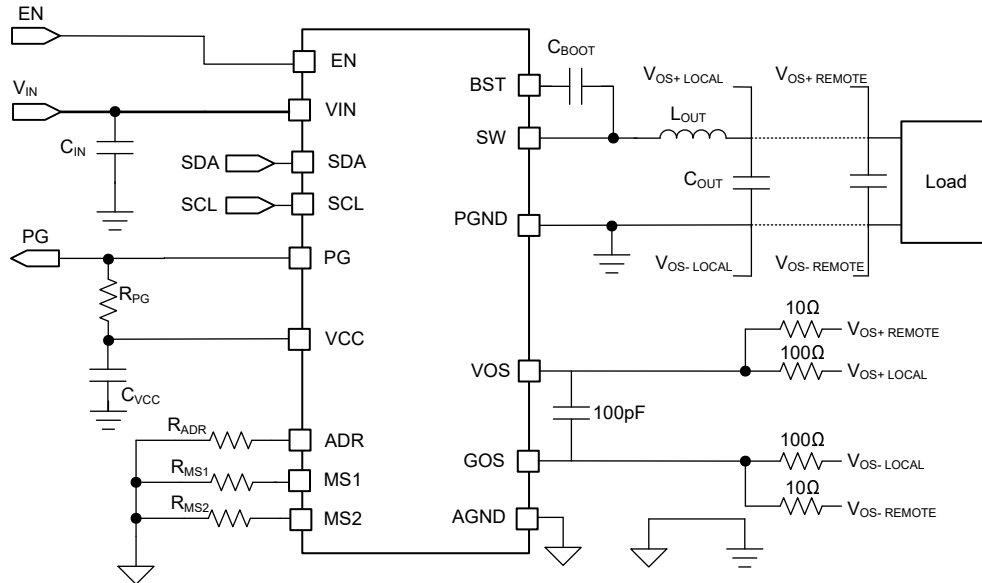


図 7-11. ブレンド リモート センス

7.3.14 ローサイド MOSFET のゼロ交差センシング

デバイスでは、ゼロ交差 (ZC) 回路を使用して、スキップ モード動作時にゼロ インダクタ電流検出を行います。ZC スレッシュホールドは、ローサイド MOSFET がオフになる前に小さな負の値に設定され、不連続導通モード (DCM) 動作に入ります。DCM に入った後、ZC スレッシュホールド ヒステリシスは DCM に入った後にスレッシュホールドを小さな正の値に増加させます。結果として、デバイスの軽負荷効率が向上します。

デバイスが DCM を終了できるように負荷電流が十分増加した場合、ZC 回路は DCM に戻る前に、ZC スレッシュホールドを下回る負のインダクタ電流の連続 16 サイクルを検出する必要があります。DCM を終了するのに必要なのは、ZC 検出なしの 1 サイクルのみです。

出力が有効のとき、デバイスがソフトスタートしている間、最初の 32 スイッチング サイクル中にも ZC 回路が有効になります。デバイスが FCCM に構成されている場合、ZC は無効化され、ソフトスタートの完了時にデバイスは FCCM に移行します。ソフトスタート完了の説明については、[ソフトスタート](#)を参照してください。高出力プリバイアスでのスタートアップ時などに、ソフトスタートの実行前に少なくとも 32 スイッチング サイクルがない場合、ソフトスタートが完了してから最初のハイサイド MOSFET のオン時間が完了するまで、ZC は無効になりません。

7.3.15 電流センスと正の過電流保護の各機能

降圧コンバータの場合、ハイサイド MOSFET のオン時間中、スイッチ電流は入力電圧、出力電圧、オン時間、出力インダクタ値によって決定される直線的なレートで増加します。ローサイド MOSFET のオン時間中は、この電流はリニアに減少します。スイッチ電流の平均値は、負荷電流と等しくなります。

デバイス内の出力過電流制限 (OCL) は、サイクル毎のバレー電流検出制御回路を使用して実現されています。インダクタ電流は、ローサイド MOSFET のオン時間中に、ローサイド MOSFET のドレイン - ソース電流を測定することによって監視されます。ローサイド MOSFET の測定されたドレイン - ソース間電流が電流制限スレッシュホールドを超えている場合、電流レベルが電流制限スレッシュホールドよりも低くなるまでローサイド MOSFET はオンのままになります。この種の動作により、デバイスから供給される平均出力電流が低減されます。

OCL は [セクション 7.3.3](#) に記載されているとおり、ピン ストリップで設定できるほか、[\(46h\) IOUT_OC_FAULT_LIMIT](#) を介してデジタル インターフェイスからも設定できます。デジタルで選択可能な OCL オプションの概要を [表 7-12](#) に示します。

表 7-12. IOUT_OC_FAULT_LIMIT 設定値一覧

IOUT_OC_FAULT_LIMIT [4:0]		過電流制限 (A)
≥	≤	
0d	4d	4
5d	8d	7
9d	11d	10
12d	13d	13
14d	16d	15
17d	19d	18
20d	31d	21

過電流状態の間、負荷に流れる電流は出力コンデンサに流れる電流を上回っています。したがって、出力電圧は低下する傾向があります。最終的に、出力電圧が低電圧保護スレッショルド (85%) を下回ると、UVP コンパレータがその低下を検出し、70μs の待機時間後にデバイスをシャットダウンします。故障回復構成に応じて、デバイスはヒックアップまたはラッチオフのいずれかを起こします (『過電圧および低電圧保護』を参照してください)

注

起動中に OCL 状態が発生した場合、デバイスはローサイドのバレー電流に基づくサイクル単位の電流制限が続けますが、UVP コンパレータはソフトスタートが完了するまでデバイスをシャットダウンしません。

正の過電流状態が発生すると、(78h) STATUS_BYTE の OCF ビットと (79h) STATUS_WORD の CF ビットの両方が設定され、(03h) CLEAR_FAULTS でクリアできます。

7.3.16 ローサイド MOSFET 負電流制限

このデバイスには、固定のサイクル単位の負の過電流制限 ($I_{LS(NOC)}$) があります。正の過電流制限と同様に、ローサイド MOSFET のオン時間中にインダクタ電流が監視されます。ローサイド MOSFET に過大な負電流が流れないように、デバイスがローサイド MOSFET を通過して -10A 電流 (標準スレッショルド) を検出すると、ローサイド MOSFET がオフになり、ワンショットタイマ ($V_{IN}/N_{OUT}/f_{SW}$ で決定) で設定されたオン時間の間ハイサイド MOSFET をオンにします。ハイサイド MOSFET のオン時間が経過すると、ローサイド MOSFET が再度オンになります。

インダクタ値が小さすぎるものが選択された場合、またはインダクタが飽和しない限り、公称動作中に -10A の負電流制限スレッショルドをデバイスがトリガしないようにしてください。この負の電流制限を使用して、出力 OVP イベント後に出力コンデンサを放電します。過電圧および低電圧も参照してください。

負の過電流状態が発生すると、(79h) STATUS_WORD の CF ビットが設定され、(03h) CLEAR_FAULTS でクリアできます。

7.3.17 出力電圧放電

EN または デジタル インターフェイスによりデバイスが無効になると、出力電圧放電モードは有効になります。このモードでは、ハイサイド MOSFET とローサイド MOSFET の両方が強制的にラッチオフされますが、SW から PGND に接続された内部放電 MOSFET がオンになり、出力電圧を放電します。FB 電圧が 50mV を下回ると、放電 MOSFET がオフになります。

デバイスが (01h) OPERATION でソフト ストップに設定されている場合、出力電圧放電モードは使用されず、代わりにデバイスは セクション 7.3.10 の定義に従って動作します。

7.3.18 UVLO 保護

このデバイスは、VIN ピンと VCC ピンの両方の電圧を監視します。

VIN ピンの電圧が V_{INUVLO} 立ち下がりスレッショルド電圧よりも低いにもかかわらず、または外部電圧によってバイアスがかかっている場合、デバイスはスイッチングを停止します。VIN 電圧が V_{INUVLO} 立ち上がりスレッショルド電圧を上回ると、デバイスはソフトスタートを再度開始し、再度スイッチングを行います。VIN UVLO は非ラッチ方式の保護です。

7.3.19 遠隔測定

TPS544B28 のテレメトリ サブシステムでは、以下の測定をサポートしています。

- (8Bh) READ_VOUT による出力電圧
- (8Ch) READ_IOUT による出力電流
- (8Dh) READ_TEMP によるダイ温度

ADC の出力は、各測定値を 1 回の変換であり、これらの主要なシステム パラメータの高速リフレッシュのためにローリング ウィンドウの平均化を行うことはありません。すべてのパラメータは、関数呼び出しのときにオンデマンドで測定されます。(8Bh) READ_VOUT は、内部フィードバックと外部フィードバックに関係なく、VOS /FB ピンと GOS ピンの間で測定された電圧を常にレポートします。したがって、外部フィードバックが使用される場合、この機能は、真の出力電圧ではないリファレンス電圧を報告します。

7.3.20 サーマル シャットダウン

デバイスは内部接合部温度を監視します。温度がスレッシュホールド値 (通常 165°C) を超えると、デバイスはスイッチングを停止します。温度がスレッシュホールド値を約 15°C 下回ると、デバイスは再起動されたソフトスタートでオンに戻ります。サーマル シャットダウンは非ラッチ方式の保護です。

過熱フォルト状態が発生すると、(78h) STATUS_BYTE の OTF ビットが設定され、(03h) CLEAR_FAULTS でクリアできます。

7.4 デバイスの機能モード

7.4.1 自動スキップ (PFM) エコモード軽負荷動作

、PMBus インターフェイスを通じてスキップ (PFM) モードが選択されると、デバイスは軽負荷状態でスイッチング周波数を自動的に下げて高効率を維持します。PFM モードの選択方法については、プログラミングレジスタセクションを参照してください。

出力電流が重負荷状態から減少すると、インダクタ電流も減少し、インダクタリップル電流バレーがゼロ交差スレッシュホールド (ローサイド MOSFET ゼロ交差) に達するまで続きます。ゼロ交差スレッシュホールドは、連続導通モードと不連続導通モード間の境界を設定します。このゼロ交差スレッシュホールドが検出されると、同期 MOSFET がオフになります。負荷電流がさらに減少すると、コンバータは不連続導通モード (DCM) に入ります。オン時間は連続導通モード動作中とほぼ同じレベルに維持されるため、出力コンデンサを小さな負荷電流でリファレンス電圧レベルまで放電するには、より長い時間を要します。軽負荷動作 $I_{OUT(LL)}$ への遷移点 (例: 連続導通モードと不連続導通モードの境界) を計算するには、式 5 を使用します。

出力リップルを低くするため、TI は、スキップ モードで動作する設計にはセラミック出力コンデンサのみを使用することを推奨します。

$$I_{OUT(LL)} = \frac{1}{2} \times \frac{(V_{IN} - V_O) \times V_O}{V_{IN}} \times \frac{1}{L \times f_{SW}} \quad (5)$$

7.4.2 強制連続導通モード

FCCM モードを選択した場合 PMBus インターフェイス、本コントローラは軽負荷状態で連続導通モード (CCM) で動作します。FCCM モードの選択方法については、プログラミングレジスタセクションを参照してください。

FCCM 中、スイッチング周波数は負荷範囲全体にわたってほぼ一定のレベルに維持されます。これは、軽負荷効率の低下を犠牲にしてスイッチング周波数と出力リップルを厳密に制御する必要があるアプリケーション向けに設計されています。標準的な軽負荷動作の境界を計算するには、式 5 を使用します。負荷電流の計算された値を下回ると、デバイスは FCCM で動作します。

8 プログラミング レジスタ

サポートされる PMBus レジスタとデフォルト値の表には、実装されているレジスタ、およびビット動作およびレジスタ値のデフォルト値が示されています。

表 8-1. サポートされる PMBus® レジスタとデフォルト値

レジスタ アドレス	レジスタ名	R/W	NVM	デフォルト値 (16 進数)	デフォルト動作
01h	OPERATION	R/W	なし	00h	電圧マージン測定は行われません。
02h	ON_OFF_CONFIG	R/W	あり	16h	EN ピンによってのみオン / オフします。オフにするときは TOFF_DELAY と TOFF_FALL を使用します。
03h	CLEAR_FAULTS	W	なし	該当なし	すべての故障をクリアします。
10h	WRITE_PROTECT	R/W	あり	00h	すべてのコマンドが書き込み可能。
15h	STORE_USER_ALL	W	なし	該当なし	現在の格納可能レジスタ設定をすべて NVM に格納します。
16h	RESTORE_USER_ALL	W	なし	該当なし	格納可能なすべてのレジスタ設定を NVM から復元します。
19h	CAPABILITY	R	なし	C0h	デバイスの能力を定義します。
20h	VOUT_MODE	R	なし	96h	読み出し専用。コマンドの説明を参照してください。
21h	VOUT_COMMAND	R/W	なし	VBOOT	出力電圧を設定します。MS2 のピンストラップによってオーバーライドされます。
25h	VOUT_MARGIN_HIGH	R/W	なし	210h	OPERATION で有効化した場合のマージンの上限パーセンテージを設定します
26h	VOUT_MARGIN_LOW	R/W	なし	1F0h	OPERATION で有効化した場合のマージンの下限パーセンテージを設定します
27h	VOUT_TRANSITION_RATE	R/W	なし	E81Ah	出力電圧の変化率を mV/μs 単位で設定します。デフォルトは、3.25mV/μs です。
29h	VOUT_SCALE_LOOP	R	なし	VBOOT	内部の抵抗デバイダ比を設定します。MS2 のピンストラップによってオーバーライドされます。
33h	FREQUENCY_SWITCH	R/W	あり	3805h	スイッチング周波数を設定します。デフォルトは、600kHz です。MS1 のピンストラップによってオーバーライドされます
41h	VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	R/W	あり	BFh	Vout OV 故障応答を設定します。デフォルトは、ヒックアップです。ADR のピンストラップによってオーバーライドされます。
45h	VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	R/W	あり	7Ah	Vout UV 故障応答を設定します。デフォルトは、ヒックアップです。ADR のピンストラップによってオーバーライドされます。
46h	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	R/W	あり	001Fh	過電流制限を設定します。デフォルトは、21A です。MS1 のピンストラップによってオーバーライドされます。
60h	TON_DELAY	R/W	あり	0000h	50μs ターンオン遅延です。
61h	TON_RISE	R/W	あり	F800h	スイッチング開始からレギュレーション範囲に入るまでの時間は 1ms です。MS1 のピンストラップによってオーバーライドされます。
64h	TOFF_DELAY	R/W	あり	0000h	ターン オフ遅延はありません。
65h	TOFF_FALL	R	なし	TON_RISE	TON_RISE と TOFF_FALL の間でミラーリングされた値
78h	STATUS_BYTE	R	なし	41h	現在のステータス
79h	STATUS_WORD	R	なし	0841h	現在のステータス
7Eh	STATUS_CML	R	なし	0h	現在のステータス
80h	STATUS_MFR_SPECIFIC	R	なし	0h	現在のステータス
8Bh	READ_VOUT	R	なし	該当なし	検出された出力電圧です。
8Ch	READ_IOUT	R	なし	該当なし	検出された出力電流です。
8Dh	READ_TEMP1	R	なし	該当なし	検出された接合部温度です。
98h	PMBUS_REVISION	R	なし	55h	PMBus 1.4
99h	MFR_ID	R	なし	4954h	「TI」用の ASCII
9Ah	MFR_MODEL	R	なし	544B2800h	IC の部品番号です。
9Bh	MFR_REVISION	R/W	あり	00h	すべて 0 です。
ADh	IC_DEVICE_ID	R	なし	5449544B2800h	IC の部品番号です。
A Eh	IC_DEVICE_REV	R	なし	05h	IC のリビジョンです。

表 8-1. サポートされる PMBus® レジスタとデフォルト値 (続き)

レジスタ アドレス	レジスタ名	R/W	NVM	デフォルト値 (16 進数)	デフォルト動作
D1h	SYS_CFG_USER1	R/W	あり	41h	FCCM および固定 OVF を有効にします。ADR のトップ ニブルは 2h になります。
D2h	PASSKEY	R/W	あり	00h	パスキーの設定解除とロック解除。
D4h	COMP	R/W	あり	02h	レジスタの説明をご覧ください。
D5h	VBOOT	R/W	あり	0Ch	起動後の出力電圧デバイスのレギュレートを設定します。デフォルトは、1V です。MS2 のピンストラップによってオーバーライドされます。
D9h	NVM_CHECKSUM	R	なし	1591h	Passkey を除く NVM チェックサムです。

8.1 レジスタ マップ

表 8-2. レジスタ マップ

アドレス	略称	説明	書き込みトランザクション	読み取りトランザクション
01h	OPERATION	デバイスの動作を定義します	書き込みバイト	読み出しバイト
02h	ON_OFF_CONFIG	EN ピンとダイアル イネーブル信号へのデバイス応答を構成します	書き込みバイト	読み出しバイト
03h	CLEAR_FAULTS	すべての故障ビットをクリアします	送信バイト	該当なし
10h	WRITE_PROTECT	デバイスへの書き込みを制御します	書き込みバイト	読み出しバイト
15h	STORE_USER_ALL	格納可能レジスタ設定をすべて NVM に格納します	送信バイト	該当なし
16h	RESTORE_USER_ALL	格納可能なすべてのレジスタ設定を NVM から復元します	送信バイト	該当なし
19h	CAPABILITY	デバイスの能力を定義します	該当なし	読み出しバイト
20h	VOUT_MODE	VOUT 関連コマンドのデータ形式を定義します	該当なし	読み出しバイト
21h	VOUT_COMMAND	出力電圧を設定します	書き込みワード	読み出しワード
25h	VOUT_MARGIN_HIGH	イネーブル時にマージン ハイのパーセンテージを設定します	書き込みワード	読み出しワード
26h	VOUT_MARGIN_LOW	イネーブル時にマージン ローのパーセンテージを設定します	書き込みワード	読み出しワード
27h	VOUT_TRANSITION_RATE	出力電圧変化のレートを設定します	書き込みワード	読み出しワード
29h	VOUT_SCALE_LOOP	内部分圧比を定義します	該当なし	読み出しワード
33h	FREQUENCY_SWITCH	スイッチング周波数を設定します	書き込みワード	読み出しワード
41h	VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	出力過電圧の故障応答を設定します	書き込みバイト	読み出しバイト
45h	VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	出力低電圧の故障応答を設定します	書き込みバイト	読み出しバイト
46h	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	過電流制限を設定します	書き込みワード	読み出しワード
60h	TON_DELAY	イネーブルからスイッチング開始までの遅延を設定します	書き込みワード	読み出しワード
61h	TON_RISE	ソフト スタート時間を設定します	書き込みワード	読み出しワード
64h	TOFF_DELAY	ディセーブルからスイッチング停止までの遅延を設定します	書き込みワード	読み出しワード
65h	TOFF_FALL	ソフトストップ時間を設定します	該当なし	読み出しワード
78h	STATUS_BYTE	現在のステータス	該当なし	読み出しバイト
79h	STATUS_WORD	現在のステータス	該当なし	読み出しワード
7Eh	STATUS_CML	現在のステータス	該当なし	読み出しバイト
80h	STATUS_MFR_SPECIFIC	現在のステータス	該当なし	読み出しバイト
8Bh	READ_VOUT	検出された出力電圧	該当なし	読み出しワード
8Ch	READ_IOUT	検出された出力電流	該当なし	読み出しワード
8Dh	READ_TEMP1	検出された接合部温度	該当なし	読み出しワード

表 8-2. レジスタ マップ (続き)

アドレス	略称	説明	書き込みトランザクション	読み取りトランザクション
98h	PMBUS_REVISION	PMBus 1.4	該当なし	読み出しバイト
99h	MFR_ID	TI 用の ASCII	該当なし	ブロック読み取り
9Ah	MFR_MODEL	IC 製品型番	該当なし	ブロック読み取り
9Bh	MFR_REVISION	メーカーのリビジョン番号	ブロック書き込み	ブロック読み取り
ADh	IC_DEVICE_ID	IC 製品型番	該当なし	ブロック読み取り
A Eh	IC_DEVICE_REV	IC リビジョン	該当なし	ブロック読み取り
D1h	SYS_CFG_USER1	各種構成	書き込みバイト	読み出しバイト
D2h	PASSKEY	デバイスへのアクセスをロックする機能を提供します	ブロック書き込み	ブロック読み取り
D4h	COMP	内部補償設定	書き込みバイト	読み出しバイト
D5h	VBOOT	起動後の出力電圧デバイスのレギュレートを設定します	書き込みバイト	読み出しバイト
D9h	NVM_CHECKSUM	バスキーを除く NVM チェックサム	該当なし	読み出しワード
FCh	FUSION_ID0		該当なし	読み出しワード
FDh	FUSION_ID1		該当なし	ブロック読み取り

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。セクション 8.1 に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 8-3. レジスタ マップのアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み取り
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

8.1.1 OPERATION (アドレス = 01h)

図 8-1 に OPERATION を示し、表 8-4 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みバイト

読み取りトランザクション: 読み出しバイト

データ形式: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

OPERATION コマンドは、ON_OFF_CONFIG コマンドの設定に応じて、EN ピンからの入力と組み合わせてデバイス出力のオン / オフを切り替えるために使用されます。また、OPERATION でオフになった際に、出力電圧を上側または下側の MARGIN レベルに設定し、ソフト ストップを選択するためにも使用されます。

図 8-1. 動作

7	6	5	4	3	2	1	0
ON	OFF	MARGIN				予約済み	
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h				R-0h	

表 8-4. OPERATION フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	ON	R/W	0h	ON_OFF_CONFIG コマンドが CMD ビット High に設定されている場合、デバイスの出力をオンまたはオフにします。電力変換の開始前に、他にもいくつかの要件を満たす必要がある場合があります。入力電圧はこれらの UVLO スレッシュホールドを上回る必要があります。また、ON_OFF_CONFIG の CPR ビットが High の場合、有効化ピンが High になる必要があります。 0h = デバイスの出力オフ 1h = デバイスの出力オン
6	OFF	R/W	0h	OPERATION[7] でデバイス出力オフのコマンドを指定 (ON ビットが 1 から 0 に移行) する場合、および ON_OFF_CONFIG コマンドで CMD ビットが High に設定されている場合、オフ動作を設定します。ON ビットが 1 の場合、OFF ビットは無視されます。 0h = 電力段を強制的にハイインピーダンス状態にして、直ちにデバイス出力をオフにします。OPERATION[7] でオフのコマンドが入力された場合、プログラムされた TOFF_DELAY や TOFF_FALL は無視されます。 1h = ソフト オフ。OPERATION[7] でオフのコマンドが入力された場合、TOFF_DELAY でプログラムされたオフにする遅延時間と、TOFF_FALL での低下設定を使用します。

表 8-4. OPERATION フィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
5-2	MARGIN	R/W	0h	OPERATION[7] のビット値とは無関係にマージン状態を設定します。以下に示す値以外の値は、無効またはサポートされていないデータとなります。マージンがオフの場合、出力電圧源は VOUT_COMMAND で、OV/UV 故障はそれぞれの故障応答レジスタでプログラムされたとおりに正常に動作します。 0h = マージン オフおよび故障はプログラム通りに動作します。 1h = マージン オフおよび故障はプログラム通りに動作します。 2h = マージン オフおよび故障はプログラム通りに動作します。 3h = マージン オフおよび故障はプログラム通りに動作します。 5h = マージン Low (故障を無視)。出力電圧目標値は VOUT_MARGIN_LOW を使用します。UV 故障は無視され、シャットダウンはトリガされませんが、STATUS の更新はトリガされます。 6h = マージン Low (故障時の動作)。出力電圧目標値は VOUT_MARGIN_LOW を使用します。OV/UV 故障は、故障応答設定ごとにトリガします。 9h = マージン High (故障を無視)。出力電圧目標値は VOUT_MARGIN_HIGH を使用します。OV 故障は無視され、シャットダウンはトリガされませんが、STATUS の更新はトリガされます。 Ah = マージン High (故障時の動作)。出力電圧目標値は VOUT_MARGIN_HIGH を使用します。OV/UV 故障は、故障応答設定ごとにトリガします。
1-0	予約済み	R	0h	予約済み

8.1.2 ON_OFF_CONFIG (アドレス = 02h)

図 8-2 に ON_OFF_CONFIG を示し、表 8-5 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みバイト

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

ON_OFF_CONFIG コマンドは、デバイス出力のオン / オフの切り替えに必要なイネーブル ピン入力コマンドとシリアルバス コマンドの組み合わせを設定します。これには、VIN に電力が供給されたときのユニットの応答方法も含まれます。ON_OFF_CONFIG の目的上、デバイス EN ピンは CONTROL ピンです。

図 8-2. ON_OFF_CONFIG

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み			PU	CMD	CPR	POL	CPA
R-0h			R/W-Xh	R/W-Xh	R/W-Xh	R-1h	R/W-Xh

表 8-5. ON_OFF_CONFIG フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	予約済み	R	0h	予約済み
4	PU	R/W	X	電源が存在する場合はいつでもデバイス出力をオンにするか、または CONTROL ピンおよび OPERATION コマンドでデバイスの出力のオン / オフを制御するか、いずれかの設定をデフォルトにします。 リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = CONTROL ピンまたは OPERATION コマンドの状態にかかわらず、十分な入力電力が存在する場合は常にデバイス出力をオンにします。 1h = CONTROL ピンおよび / または OPERATION コマンド (ON_OFF_CONFIG レジスタでプログラムされるもの) による命令があるまで、デバイス出力はオンになりません。
3	CMD	R/W	X	CMD ビットは、デバイスが OPERATION コマンドに応答する方法を設定します。 リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = デバイスは、OPERATION コマンドの ON ビットを無視します。 1h = デバイスは、OPERATION コマンドで High に設定された ON ビット (CPR で設定されている場合は CONTROL ピン) に応答して、デバイス出力を有効にします。
2	CPR	R/W	X	CPR ビットは、CONTROL ピンの応答を設定します。 リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = デバイスは、CONTROL ピンを無視して出力を有効化します。 1h = デバイス出力は CONTROL ピンに応答します。
1	POL	R	1h	POL ビットは、CONTROL ピンの極性を設定します。 1h = CONTROL ピンはアクティブ High 極性です。
0	CPA	R/W	X	CPA ビットは、CONTROL ピンによってデバイス出力がオフになったときの CONTROL ピンの動作を設定します。デバイスは、CPR ビットにより CONTROL ピンに応答するように構成する必要があります。 リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = CONTROL ピンによって出力がオフになると、TOFF_DELAY に設定された時間の間レギュレーションを継続し、TOFF_FALL に設定された時間で低下します。 1h = CONTROL ピンによって出力がオフになると、直ちに出力をオフにします。

8.1.3 CLEAR_FAULTS (アドレス = 03h)

CLEAR_FAULTS は、[図 8-3](#) に示され、[表 8-6](#) で説明されています。

[概略表](#)に戻ります。

書き込みトランザクション: 送信バイト

読み取りトランザクション: 該当なし

データフォーマット: データレス

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

CLEAR_FAULTS は、設定された故障ビットをクリアするために使用されるコマンドです。このコマンドは、すべてのステータスレジスタのすべてのビットをクリアします。CLEAR_FAULTS は、データを持たない書き込み専用コマンドです。

CLEAR_FAULTS コマンドでは、故障状態のためにラッチオフされたユニットは再起動されません。ビットがクリアされても故障がまだ存在している場合は、故障ビットが再び即座にセットされ、通常の方法でホストに通知されます

図 8-3. CLEAR_FAULTS

7	6	5	4	3	2	1	0
CLEAR_FAULTS							
W-0h							

表 8-6. CLEAR_FAULTS フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	CLEAR_FAULTS	W	0h	該当なし

8.1.4 WRITE_PROTECT (アドレス = 10h)

図 8-4 に WRITE_PROTECT を示し、表 8-7 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みバイト

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

WRITE_PROTECT コマンドは、PMBus デバイスへの書き込み制御に使用します。このコマンドの目的は、意図しない変更を防止することです。このコマンドは、デバイスの設定や動作に対する意図的および悪意のある変更に対する保護を提供するものではありません。WRITE_PROTECT の設定に関係なく、サポート対象のすべてのコマンドはパラメータを読み取ることができます。

注

CLEAR_FAULTS、STORE_USER_ALL、および RESTORE_USER_ALL などの送信バイト コマンドは、許可されたコマンドとしてリストされていない限り、書き込み保護によってブロックする必要があります。

図 8-4. WRITE_PROTECT

7	6	5	4	3	2	1	0
PROTECTION			予約済み				
R/W-Xh			R-0h				

表 8-7. WRITE_PROTECT フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	PROTECTION	R/W	X	リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = すべてのコマンドへの書き込みを有効にします。 1h = WRITE_PROTECT、STORE_USER_ALL、OPERATION、ON_OFF_CONFIG、VOUT_COMMAND、および PASSKEY コマンド以外のすべての書き込みを無効化します。 2h = WRITE_PROTECT、STORE_USER_ALL、OPERATION、および PASSKEY コマンド以外のすべての書き込みを無効化します。 4h = WRITE_PROTECT、STORE_USER_ALL、および PASSKEY コマンド以外のすべての書き込みを無効化します。
4-0	予約済み	R	0h	予約済み

8.1.5 STORE_USER_ALL (アドレス = 15h)

STORE_USER_ALL は 図 8-5 に表示され、表 8-8 で説明されています。

[概略表](#)に戻ります。

書き込みトランザクション: 送信バイト

読み取りトランザクション: 該当なし

データフォーマット: データレス

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

STORE_USER_ALL コマンドは、現在のレジスタ設定を不揮発性メモリに保存するように PMBus デバイスに指示します。

EEPROM のプログラミング時間により、このコマンドの期間は約 125ms です。デバイスが EEPROM のプログラミングでビジー状態のときに受信する PMBus トラフィックについて、デバイスはデバイス アドレスに対して ACK を返しますが、「PMBus Part II」セクション 10.8.7 に従い、他のバイトに対しては NACK を返します (また、データに対してすべて 1 秒を返します)。EEPROM のプログラミング中、デバイスは NACKd トランザクションのステータスを設定しません。

EEPROM プログラミングの故障では、(78h) STATUS_BYTE の cml ビット、および (7Eh) STATUS_CML レジスタの oth ビットを設定します。

出力がイネーブルの間は、NVM ストア操作を推奨しません。ただし、ユーザーに対してこれを明示的に禁止はしていません。中断すると NVM の破損が発生する可能性があるためです。NVM ストア コマンドが発行された後で、TI はレギュレーションを無効化し、続行する前に少なくとも 125ms 待機することを推奨します。

図 8-5. STORE_USER_ALL

7	6	5	4	3	2	1	0
STORE_USER_ALL							
W-0h							

表 8-8. STORE_USER_ALL フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	STORE_USER_ALL	W	0h	該当なし

8.1.6 RESTORE_USER_ALL (アドレス = 16h)

RESTORE_USER_ALL は、[図 8-6](#) に示され、[表 8-9](#) で説明されています。

[概略表](#)に戻ります。

書き込みトランザクション: 送信バイト

読み取りトランザクション: 該当なし

データフォーマット: データレス

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

RESTORE_USER_ALL コマンドは、不揮発性のユーザー ストア メモリの内容全体を動作メモリ内の一致する場所にコピーするように PMBus デバイスに指示します。最後のパワー サイクルの間にピン検出によって設定された値は動作メモリ内の値を上書きし、また、ユーザー ストアから取得した値も上書きします。

注

出力が有効になっている間は、RESTORE_USER_ALL コマンドを使用できます。ただし、コピー操作中は PMBus コマンドは無視され、出力がイネーブルの間に実行されると、予測不可能な、望ましくない、または致命的な結果が発生する可能性があります。TI は、ON_OFF_CONFIG にプログラムされた方法を使用して、このコマンドを発行する前にデバイス出力をオフにすることを推奨します。

図 8-6. RESTORE_USER_ALL

7	6	5	4	3	2	1	0
RESTORE_USER_ALL							
W-0h							

表 8-9. RESTORE_USER_ALL フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	RESTORE_USER_ALL	W	0h	該当なし

8.1.7 CAPABILITY (アドレス = 19h)

図 8-7 に CAPABILITY を示し、表 8-10 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: 該当なし

このコマンドを使用すると、ホスト システムはこの PMBus デバイスの主な機能を判断できます。このコマンドは読み取り専用で、以下の
のようにフォーマットされた 1 データ バイトがあります。

図 8-7. CAPABILITY

7	6	5	4	3	2	1	0
PEC	SPD		ALRT	フォーマット	AVS	予約済み	
R-1h	R-2h		R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	

表 8-10. CAPABILITY のフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	PEC	R	1h	1h = パケット エラー チェックをサポート。
6-5	SPD	R	2h	2h = サポート対象の最大バス速度は 1MHz。
4	ALRT	R	0h	0h = このデバイスは SMB_ALERT# ピンが無く、SMBus アラート応答プロトコルをサポートしません。
3	フォーマット	R	0h	0h = このデバイスは、LINEAR11、ULINEAR16、SLINEAR16、または DIRECT 形式をサポートしています (IEEE 半精度浮動小数点形式に対して)。
2	AVS	R	0h	0h = AVSBus 非サポートを示す。
1-0	予約済み	R	0h	予約済み

8.1.8 VOUT_MODE (アドレス = 20h)

図 8-8 に VOUT_MODE を示し、表 8-11 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: 該当なし

VOUT_MODE コマンドのデータ バイトは、VOUT 関連コマンドのデータ形式を設定します。

データの有効性: VOUT_MODE コマンドへの書き込もうとすると、無効なデータまたはサポート対象外のデータ (ivd) と見なされ、デバイスは ivd で説明されているように応答します。

図 8-8. VOUT_MODE

7	6	5	4	3	2	1	0
VOUT_MODE				VOUT_EXPONENT			
R-4h				R-16h			

表 8-11. VOUT_MODE フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	VOUT_MODE	R	4h	4h = 相対モード、線形形式 (ULINEAR16、SLINEAR16)。
4-0	VOUT_EXPONENT	R	16h	16h = 指数値は -10 (0.976mV / カウントに相当)。

8.1.9 VOUT_COMMAND (アドレス = 21h)

図 8-9 に VOUT_COMMAND を示し、表 8-12 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: ULINEAR16、VOUT_MODE LSB あたり 0.976mV

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

PMBus を使用してレギュレート電圧を設定する場合、コマンドされる出力電圧 (ボルト単位) は、VOUT_COMMAND、VOUT_MARGIN_HIGH、VOUT_MARGIN_LOW、および OPERATION コマンドの組み合わせにより決定されます。VOUT_MODE コマンドの説明で述べたように、VOUT_MODE ステップ サイズは 0.976mV です。

VOUT_COMMAND の推奨値の範囲は、設定されている (29h) VOUT_SCALE_LOOP に依存します。この設計では、VOUT_COMMAND 値はこの推奨範囲内に制限されません。ただし、VOUT_COMMAND には最大 5.5V のクランプが適用されます。この最大クランプは、MARGIN_HIGH を実行しても影響を受けません。低電圧用の最小クランプはありません。

パワーアップ時の VOUT_COMMAND のリセット値は VBOOT/VOUT_SCALE_LOOP から導出されます。ON_OFF_CONFIG にプログラムされたメカニズム、または故障によってレールが無効化すると、VOUT_COMMAND の値が VBOOT に更新されます。

注

このレジスタは、ソフト スタート中またはソフト ストップ中に変更できます。ただし、レールは、TON_RISE/TOFF_FALL にプログラムされたレートで、元のターゲット (VBOOT) まで上昇または下降を継続します。ソフト スタート完了後 (および VOUT_COMMAND が VBOOT 値と異なる場合)、デバイスは VBOOT 値から、プログラムされた VOUT_TRANSITION_RATE で最後に書き込まれた VOUT_COMMAND に直ちに遷移します。

レギュレーション中は、DAC が以前にプログラムされた VOUT_COMMAND に向けてスルー中であっても、VOUT_COMMAND への事前書き込みが許可されます。デバイスは、VOUT_TRANSITION_RATE にプログラムされたレートで、新しいターゲットへのスルーを直ちに開始します。

図 8-9. VOUT_COMMAND

15	14	13	12	11	10	9	8
予約済み			VOUT_COMMAND				
R-0h			R/W-0h				
7	6	5	4	3	2	1	0
VOUT_COMMAND							
R/W-0h							

表 8-12. VOUT_COMMAND フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-13	予約済み	R	0h	予約済み
12-0	VOUT_COMMAND	R/W	0h	PMBus インターフェイス経由で出力電圧のターゲットを設定します。

表 8-13. 出力電圧の推奨範囲

VOUT_SCALE_LOOP (V/V)	V _{OUT} の推奨範囲 (V)	VOUT_COMMAND 推奨範囲 (10 進数)
1	0.35 ~ 0.9	359 ~ 922
0.5	0.5 ~ 1.8	512 ~ 1844

表 8-13. 出力電圧の推奨範囲 (続き)

VOUT_SCALE_LOOP (V/V)	V _{OUT} の推奨範囲 (V)	VOUT_COMMAND 推奨範囲 (10 進数)
0.25	1.4 ~ 3.6	1434 ~ 3687
0.125	2.8 ~ 5.505	2868 ~ 5637

8.1.10 VOUT_MARGIN_HIGH (アドレス = 25h)

図 8-10 に VOUT_MARGIN_HIGH を示し、表 8-14 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード
読み取りトランザクション: 読み取りワード
データフォーマット: ULINEAR16、相対値
NVM バックアップ: なし
更新: オンザフライ

このコマンドは、OPERATION コマンドが高マージンに設定されているときに、VREF リファレンス電圧を高くすることによりレギュレートされた電圧を増加させるために使用されます。Vout 形式は、(20h) VOUT_MODE レジスタ ビット [7] で相対値に設定されるため、コマンドで設定された Vout は、このコマンドで示される乗算係数だけ増加します。このコマンドは、(20h) VOUT_MODE で指定された LSB も使用します。

図 8-10. VOUT_MARGIN_HIGH

15	14	13	12	11	10	9	8
予約済み					VOUT_MARGIN_HIGH		
R-0h					R/W-420h		
7	6	5	4	3	2	1	0
VOUT_MARGIN_HIGH							
R/W-420h							

表 8-14. VOUT_MARGIN_HIGH フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	予約済み	R	0h	予約済み
10-0	VOUT_MARGIN_HIGH	R/W	420h	マージン High 出力電圧。 420h = 3.125% 440h = 6.25%

8.1.11 VOUT_MARGIN_LOW (アドレス = 26h)

図 8-11 に VOUT_MARGIN_LOW を示し、表 8-15 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: ULINEAR16、相対値

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

このコマンドは、OPERATION コマンドでマージンが Low に設定されている場合に、VREF リファレンス電圧を下方シフトすることによって、レギュレート電圧の値を低下させるために使用します。Vout フォーマットは、(20h) VOUT_MODE レジスタビット [7] で相対値に設定されるため、コマンドされた Vout は、このコマンドに示される乗算係数分だけ減少します。このコマンドは、(20h) VOUT_MODE で指定された LSB も使用します。

図 8-11. VOUT_MARGIN_LOW

15	14	13	12	11	10	9	8
予約済み						VOUT_MARGIN_LOW	
R-0h						R/W-3E0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
VOUT_MARGIN_LOW							
R/W-3E0h							

表 8-15. VOUT_MARGIN_LOW フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-10	予約済み	R	0h	予約済み
9-0	VOUT_MARGIN_LOW	R/W	3E0h	マージン Low 出力電圧。 3C0h = -6.25% 3E0h = -3.125%

8.1.12 VOUT_TRANSITION_RATE (アドレス = 27h)

図 8-12 に VOUT_TRANSITION_RATE を示し、表 8-16 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR11

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

PMBus デバイスが、出力電圧を変化させる VOUT_COMMAND、または OPERATION (マージン High、マージン Low、マージン Off) を受信すると、このコマンドは、出力電圧の変化率を mV/us 単位で設定します。このコマンドによる変化率は、ユニットをオン / オフにするコマンドが実行された場合には適用されません。

データの有効性:

指数部および仮数部の読み取り専用ビットへの書き込みは無視され、それらの値は更新されません。読み取り/ 書き込み仮数部ビットの各バイナリの組み合わせは、書き込み可能で読み取り可能です。ただし、実際の出力電圧スルーレートは、対応している最も近い設定にされます。また、EEPROM から復元された仮数部の値は、サポートされている各設定に対して固定されています。

図 8-12. VOUT_TRANSITION_RATE

15	14	13	12	11	10	9	8
指数						予約済み	
R-1Dh						R-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
VOUT_TRANSITION_RATE							
予約済み				R/W-1Ah			
R-0h							

表 8-16. VOUT_TRANSITION_RATE フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	1Dh	線形形式の 2 の補数を用いた指数部。指数が -3 に固定され、0.125mV/ μs LSB になります。
10-7	予約済み	R	0h	予約済み
6-0	VOUT_TRANSITION_RATE	R/W	1Ah	線形形式の 2 の補数を用いた仮数部。

8.1.13

表 8-17. VOUT_TRANSITION_RATE 設定値一覧

VOUT_TRANSITION_RATE [6:0]		スルー レート (mV/μs)
≥	≤	
0d	19d	1.625
20d	38d	3.25
39d	77d	6.5
78d	127d	13

8.1.14 VOUT_SCALE_LOOP (アドレス = 29h)

図 8-13 に VOUT_SCALE_LOOP を示し、表 8-18 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: SLINEAR11

NVM バックアップ: EEPROM

更新: パワー サイクル時

VOUT_SCALE_LOOP を使用すると、PMBus デバイスは、コマンドされた電圧と制御回路入力の電圧間でマッピングできます。また、VOUT_SCALE_LOOP は内部の高精度抵抗デバイダもプログラミングするため、外部分周器は不要です。

図 8-13. VOUT_SCALE_LOOP

15	14	13	12	11	10	9	8
指数					予約済み		
R-1Dh					R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み				VOUT_SCALE_LOOP			
R-0h				R-4h			

表 8-18. VOUT_SCALE_LOOP フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	1Dh	線形形式の 2 の補数を用いた指数部。指数が -3 に固定され、0.125 LSB になります。
10-4	予約済み	R	0h	予約済み
3-0	VOUT_SCALE_LOOP	R	4h	線形形式の仮数部です。 1h = VOUT_SCALE_LOOP: 0.125V/V 2h = VOUT_SCALE_LOOP: 0.25V/V 4h = VOUT_SCALE_LOOP: 0.5V/V 8h = VOUT_SCALE_LOOP: 1.00V/V

8.1.15 FREQUENCY_SWITCH (アドレス = 33h)

図 8-14 に FREQUENCY_SWITCH を示し、表 8-19 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: SLINEAR11

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

FREQUENCY_SWITCH は、アクティブ デバイスのスイッチング周波数を設定します。

図 8-14. FREQUENCY_SWITCH

15	14	13	12	11	10	9	8
指数					予約済み		
R-7h					R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み				FREQUENCY_SWITCH			
R-0h				R/W-Xh			

表 8-19. FREQUENCY_SWITCH フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	7h	線形形式の 2 の補数を用いた指数部。指数が 7 に固定され、128kHz LSB になります。
10-4	予約済み	R	0h	予約済み
3-0	FREQUENCY_SWITCH	R/W	X	線形形式の 2 の補数を用いた仮数部。リセット時、値は NVM によって決定されます。

8.1.16

表 8-20. FREQUENCY_SWITCH 設定値一覧

FREQUENCY_SWITCH [3:0]		スイッチング周波数 (kHz)
≥	≤	
0d	4d	500
5d	5d	600
6d	6d	800
7d	8d	1000
9d	9d	1200
10d	15d	1400

8.1.17 VOUT_OV_FAULT_RESPONSE (アドレス = 41h)

図 8-15 に VOUT_OV_FAULT_RESPONSE を示し、表 8-21 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力過電圧故障に応答し、どのアクションを実行するかをデバイスに指示します。

図 8-15. VOUT_OV_FAULT_RESPONSE

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み		RS_OV			TD_OV		
R-0h		R/W-Xh			R-0h		

表 8-21. VOUT_OV_FAULT_RESPONSE フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-6	予約済み	R	0h	予約済み
5-3	RS_OV	R/W	X	出力電圧が過電圧時の再試行設定。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = デバイスは再起動を試みない。故障が取り除かれるまで、出力はディスエーブル状態を維持します (PMBus 仕様のセクション 10.7 を参照) 7h = 本デバイスは、実行が無効化されるか、バイアス電源が解消されるか、または他の故障状態によってユニットがシャットダウンするまで、制限なしに、通常のスタートアップ (ソフト スタート) を連続的に繰り返し実行します。 データの有効性: 000 または 111 以外の値は受け付けられず、そのような試行は、無効データまたはサポート対象外のデータ (ivd) とみなされ、デバイスは ivd の記述に従って応答します。3 ビットがすべて同じである必要があることから、1 ビット (ビット 5) のみが EEPROM に保存されます。
2-0	TD_OV	R	0h	出力過電圧時の再試行時間遅延の設定。 0h = 再試行時間遅延設定の値がゼロの場合、ユニットは再起動を遅延させません。これは、RS_OV[2:0] = 000 に設定して再起動が無効化されている場合にのみサポートされます。故障が取り除かれるまで、出力はディスエーブル状態を維持します (PMBus 仕様のセクション 10.7 を参照)

8.1.18 VOUT_UV_FAULT_RESPONSE (アドレス = 45h)

VOUT_UV_FAULT_RESPONSE を [図 8-16](#) に示し、[表 8-22](#) で説明します。

[概略表](#)に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

VOUT_OV_FAULT_RESPONSE コマンドは、出力低電圧故障に応答してどのようなアクションを実行するかをデバイスに指示します。

図 8-16. VOUT_UV_FAULT_RESPONSE

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み		RS_UV			TD_UV		
R-0h		R/W-Xh			R-2h		

表 8-22. VOUT_UV_FAULT_RESPONSE フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-6	予約済み	R	0h	予約済み
5-3	RS_UV	R/W	X	出力電圧が低電圧時の再試行設定。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = デバイスは再起動を試みない。故障が取り除かれるまで、出力はデイスレーブル状態を維持します (PMBus 仕様のセクション 10.7 を参照) 7h = 本デバイスは、実行が無効化されるか、バイアス電源が解消されるか、または他の故障状態によってユニットがシャットダウンするまで、制限なしに、通常のスタートアップ (ソフト スタート) を連続的に繰り返し実行します。 データの有効性: 000 または 111 以外の値は受け付けられず、そのような試行は、無効データまたはサポート対象外のデータ (ivd) とみなされ、デバイスは ivd の記述に従って応答します。3 ビットがすべて同じである必要があることから、1 ビット (ビット 5) のみが EEPROM に保存されます。
2-0	TD_UV	R	2h	これらのビットは、故障状態信号の検出からレールのシャットダウンまでの遅延を選択に使用されます。つまり、これにより故障グリッチ除去期間が設定されるため、遅延カウンタが満了する前に故障状態が解消された場合、遅延カウンタはゼロにリセットされます。グリッチ除去カウンタの誤差は $\pm 1\mu\text{s}$ であるため、低い値の設定ではより顕著になります。ヒカップ時間、または連続した再起動試行の間隔も、応答遅延 64 μs とヒカップ遅延 52ms で設定されます。 2h = 出力低電圧時の再試行 / ヒカップ時間の遅延設定

8.1.19 IOUT_OC_FAULT_LIMIT (アドレス = 46h)

図 8-17 に IOUT_OC_FAULT_LIMIT を示し、表 8-23 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR11

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

IOUT_OC_FAULT_LIMIT コマンドは、過電流検出器が過電流故障状態を通知する出力電流の値を設定します。ここで選択したスレッシュホールドは、検出されたローサイド バレー電流と比較されます。詳細については、「過電流制限およびローサイド電流センス」を参照してください。

図 8-17. IOUT_OC_FAULT_LIMIT

15	14	13	12	11	10	9	8
指数						予約済み	
R-0h						R-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み			IOUT_OC_FAULT_LIMIT				
R-0h			R/W-Xh				

表 8-23. IOUT_OC_FAULT_LIMIT フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	0h	線形形式の 2 の補数を用いた指数部は、LSB が 1A になります。
10-5	予約済み	R	0h	予約済み
4-0	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	R/W	X	IOUT_OC_FAULT_LIMIT コマンドは、過電流検出器が過電流故障状態を通知する出力電流の値を設定します。ここで選択したスレッシュホールドは、検出されたローサイド バレー電流と比較されます。詳細については、「過電流制限およびローサイド電流センス」を参照してください。リセット時、値は NVM によって決定されます。 データの有効性: OCL 制限の設定では、IOUT_OC_FAULT_LIMIT[4:0] のみが考慮されます。31 より大きい値はエイリアスされます。

表 8-24. IOUT_OC_FAULT_LIMIT 設定値一覧

IOUT_OC_FAULT_LIMIT [4:0]		過電流制限 (A)
≥	≤	
0d	4d	4
5d	8d	7
9d	11d	10
12d	13d	13
14d	16d	15
17d	19d	18
20d	31d	21

8.1.20 TON_DELAY (アドレス = 60h)

図 8-18 に TON_DELAY を示し、表 8-25 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR11

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

TON_DELAY コマンドは、スタート状態を受信した時点 (ON_OFF_CONFIG コマンドでプログラムされたもの) から出力電圧が上昇を開始するまでの時間を ms 単位で設定します。

図 8-18. TON_DELAY

15	14	13	12	11	10	9	8
指数					予約済み		
R-0h					R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み							TON_DELAY
R-0h							R/W-Xh

表 8-25. TON_DELAY フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	0h	線形形式の 2 の補数を用いた指数部。指数はプログラマブルではなく、その結果 1ms LSB になります。
10-1	予約済み	R	0h	予約済み
0	TON_DELAY	R/W	X	これらのビットは、TON_DELAY 時間を選択します。000b を選択すると、50us 以上の遅延が強制的に適用されます。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = 0.05ms TON_DELAY 1h = 1ms TON_DELAY

8.1.21 TON_RISE (アドレス = 61h)

図 8-19 に TON_RISE を示し、表 8-26 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR11

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

TON_RISE コマンドは、出力の上昇開始から、電圧がレギュレーション帯域に入るまでの時間をミリ秒単位で設定します。これにより、ソフトスタート期間中のリファレンス DAC のスルーレートを実質的に設定できます。ソフトスタート期間は、VOUT_COMMAND をブートアップに使用している場合の TON_RISE の選択によって変化します。詳細については、『起動とシャットダウン』セクションを参照してください。

図 8-19. TON_RISE

15	14	13	12	11	10	9	8
指数					予約済み		
R-1Fh					R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み				TON_RISE			
R-0h				R/W-Xh			

表 8-26. TON_RISE フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	1Fh	線形形式の 2 の補数を用いた指数部。指数はプログラマブルではなく、その結果 0.5ms LSB になります。
10-4	予約済み	R	0h	予約済み
3-0	TON_RISE	R/W	X	このビットは、TON_RISE 時間を選択します。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = 0.5ms TON_RISE 2h = 1ms TON_RISE 4h = 2ms TON_RISE 8h = 4ms TON_RISE

表 8-27. TON_RISE 設定値一覧

TON_RISE [3:0]		ソフトスタート時間 (ms)
≥	≤	
0d	1d	0.5
2d	3d	1
4d	7d	2
8d	15d	4

8.1.22 TOFF_DELAY (アドレス = 64h)

図 8-20 に TOFF_DELAY を示し、表 8-28 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みワード

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR11

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

TOFF_DELAY コマンドは、停止状態が受信されたとき (ON_OFF_CONFIG コマンドでプログラムされたもの) から、デバイスがソフト ストップ動作を開始するまでの時間を ms 単位で設定します。

図 8-20. TOFF_DELAY

15	14	13	12	11	10	9	8
指数					予約済み		
R-0h					R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み							TOFF_DELAY
R-0h							R/W-Xh

表 8-28. TOFF_DELAY フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	0h	線形形式の 2 の補数を用いた指数部。指数はプログラマブルではなく、その結果 1ms LSB になります。
10-1	予約済み	R	0h	予約済み
0	TOFF_DELAY	R/W	X	このビットは、TOFF_DELAY 時間を選択します。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = 0ms TOFF_DELAY 1h = 1ms TOFF_DELAY

8.1.23 TOFF_FALL (アドレス = 65h)

図 8-21 に TOFF_FALL を示し、表 8-29 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR11

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

TOFF_FALL コマンドは、ターンオフ遅延時間の終了からリファレンス DAC が 0mV にコマンドされるまでの時間をミリ秒単位で設定します。このコマンドを使用して、制御された速度で出力電圧を低下させます。これにより、ソフト オフ期間中のリファレンス DAC のスルーレートが実質的に設定されます。TOFF_FALL の実装では、サポートされている 32 VBOOT レベルごとに VREF DAC のスルーレートが調整され、ソフト ストップ時間がターゲット値に近くなる (しかし、必ずしもそうとは限りません) スルーレートが得られます。0.5ms TOFF_FALL に対して選択されたスルーレートは、TON_RISE に示すものと同じですが、負のスロープがあります。TOFF_FALL は、さまざまな設定で TON_RISE と同じ方法でスケールリングされます。

実際は、出力電圧が 50mV まで放電されるとデバイスがスイッチングを停止するため、VOUT の立ち下がり時間は、厳密には TOFF_FALL 値と同じにはなりません。

図 8-21. TOFF_FALL

15	14	13	12	11	10	9	8
EXPONENT[4:0]					予約済み		
R-1Fh					R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み				TOFF_FALL[3:0]			
R-0h				R-Xh			

表 8-29. TOFF_FALL フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	EXPONENT[4:0]	R	1Fh	線形形式の 2 の補数を用いた指数部。指数はプログラマブルではなく、その結果 0.5ms LSB になります。
10-4	予約済み	R	0h	予約済み
3-0	TOFF_FALL[3:0]	R	X	TOFF_FALL は読み出し専用になり、TON_RISE でプログラムされた値と同じ値になります。リセット時、値は NVM によって決定されます。

8.1.24 STATUS_BYTE (アドレス = 78h)

STATUS_BYTE を表 8-30 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

STATUS_BYTE コマンドは、過電圧、過電流、過熱などの最も重要な故障の概要を含む、1 バイトの情報を返します。次の表に、サポートされている STATUS_BYTE メッセージの内容を示します。STATUS_BYTE は、STATUS_WORD の下位バイトと同じです。STATUS_BYTE の条件は要約情報のみです。故障が発生した場合、他のどの STATUS レジスタをチェックする必要があるかをホストに通知するためにアサートされます。個々の故障のクリアはサポートされていません。すべての故障ビットは、(03h) CLEAR_FAULTS コマンドを使用して同時にクリアする必要があります。

表 8-30. STATUS_BYTE レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
6	OFF	R	1h	LIVE (ラッチなし) ステータス ビット。 0h = デバイスは有効であり、電力を変換しています。 1h = このデバイスは、何らかの理由 (デバイスが有効になっていないなど) により電力を変換していません。
5	OVF	R	0h	出力過電圧に関する故障が発生しました。 0h = 出力過電圧に関する故障は発生していません。 1h = 出力過電圧故障が発生。
4	OCF	R	0h	出力過電流に関する故障が発生しました。 0h = 出力過電流に関する故障は発生していません。 1h = 出力過電流故障が発生。
3	非対応	R	0h	サポートされず、常に 0 に設定されます。
2	OTF	R	0h	過熱に関する故障が発生しました。 0h = 温度に関する故障または警告は発生していません。 1h = 温度に関する故障または警告が発生しました
1	CML	R	0h	(7Eh) STATUS_CML で通信、メモリ、またはロジックに関する故障が発生しました 0h = 通信、メモリ、ロジックに関する故障は発生していません。 1h = 通信 / メモリ / ロジックに関する故障が発生しました。
0	OTH	R	1h	このビットは、STATUS_BYTE の他のビットに関する故障で対処されていない故障にフラグを立てるために使用されます。この場合、LOW_VIN、UCF、UVF です。 0h = 上記以外の故障は発生していません。 1h = 上記以外の故障が発生。

8.1.25 STATUS_WORD (アドレス = 79h)

図 8-22 に STATUS_WORD を示し、表 8-31 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: 符号なしバイナリ (2 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

STATUS_WORD コマンドは、過電圧、過電流、過熱などの最も重要な故障の概要を含む、2 バイトの情報を返します。STATUS_WORD は、STATUS_BYTE の下位バイトと同じです。次の表に、サポートされている STATUS_WORD メッセージの内容を示します。STATUS_BYTE の条件は概要情報のみです。

図 8-22. STATUS_WORD

15	14	13	12	11	10	9	8
VF	CF	入力	メーカー	PGOOD_Z	非対応		
R-0h	R-0h	R-1h	R-0h	R-1h	R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
STATUS_BYTE							
R-0h							

表 8-31. STATUS_WORD フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15	VF	R	0h	VOOUT に関する故障が発生しています (OVF + UVF)。 0h = 出力電圧の故障または警告は発生していません。 1h = 出力電圧の故障または警告が発生しました。
14	CF	R	0h	故障が現在発生しています (OCF + NOC/UCF)。 0h = 出力電流に関する故障は発生していません。 1h = 出力電流に関する故障 (OCF + NOC/UCF) が発生しました。
13	入力	R	1h	入力の故障または警告が発生しています。 0h = 入力の故障または警告は発生していません。 1h = 入力の故障または警告が発生。
12	メーカー	R	0h	ビット 7 DCM を除き、(80h) STATUS_MFR_SPECIFIC に故障または警告が発生しています 0h = STATUS_MFR_SPECIFIC に関する故障は発生していません。 1h = STATUS_MFR_SPECIFIC に関する故障が発生しました。
11	PGOOD_Z	R	1h	パワーグッドは、コンバータの出力電圧が定義された過電圧警告 (OVW) および低電圧警告 (UVW) の制限値を超えたときにフラグを立てるために使用されます。この信号はラッチされておらず、常にデバイスの現在の状態を表しますが、PGOOD が Low にアサートされる故障はラッチされます。 0h = 電源は良好です。 1H = 電源は良好ではありません。
10-8	非対応	R	0h	サポートされず、常に 0 に設定されます。
7-0	STATUS_BYTE	R	0h	常に STATUS_BYTE の値と同じです。

8.1.26 STATUS_CML (アドレス = 7Eh)

図 8-23 に STATUS_CML を示し、表 8-32 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

STATUS_CML コマンドは、通信、ロジック、およびメモリに関連する内容を含む 1 バイトのデータを返します。サポートされているすべてのビットは、パワー サイクル、(03h) CLEAR_FAULTS コマンドの発行、または ((02h) ON_OFF_CONFIG レジスタで設定されたように) レールのオン / オフ メカニズムの切り替えによってクリアできます。

図 8-23. STATUS_CML

7	6	5	4	3	2	1	0
IVC	IVD	PEC_FAIL	MEM	予約済み		OTH	非対応
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h		R-0h	R-0h

表 8-32. STATUS_CML フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	IVC	R	0h	0h = 無効またはサポートされていないコマンドが受信されなかったことを示すラッチ フラグ。 1h = 無効またはサポートされていないコマンドが受信されたことを示すラッチ フラグ。
6	IVD	R	0h	0h = 無効またはサポートされていないデータが受信されなかったことを示すラッチ フラグ。 1h = 無効またはサポートされていないデータが受信されたことを示すラッチ フラグ。
5	PEC_FAIL	R	0h	0h = パケット エラー チェックが失敗していないことを示すラッチ フラグ。 1h = パケット エラー チェックに失敗したことを示すラッチ フラグ。
4	MEM	R	0h	内部的には、次のいずれかが故障の原因となっている可能性があります。 STORE_USER_ALL 中 / 後のパリティ チェックに失敗。リセット RESTORE (ブート アップ時の EEPROM 復元) 中に、EEPROM の内容とレジスタの内容が一致しない場合、またはパリティ チェックに失敗した場合。ユーザーが RESTORE_USER_ALL コマンドを実行した際に、パリティ チェックに不合格となった場合。NVM プログラミング シーケンス中の故障。このビットは、基になる問題が解決されてメモリが更新されるまで、どのクリア メカニズムでもクリアすることはできません。 0h = メモリ エラーが検出されなかったことを示すラッチ フラグ。 1h = メモリ エラーが検出されたことを示すラッチ フラグ。
3-2	予約済み	R	0h	
1	OTH	R	0h	0h = 通信エラーが検出されなかったことを示すラッチ フラグ。 1h = 通信エラーが検出されたことを示すラッチ フラグ。
0	非対応	R	0h	サポートされず、常に 0 に設定されます。

8.1.27 STATUS_MFR_SPECIFIC (アドレス = 80h)

図 8-24 に STATUS_MFR_SPECIFIC を示し、表 8-33 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドは、次のようなメーカー定義ステータスの内容を含む 1 バイトのデータを返します。サポートされているすべてのビットは、パワー サイクル、(03h) CLEAR_FAULTS コマンドの発行、または ((02h) ON_OFF_CONFIG レジスタで設定されたように) レールのオン / オフ メカニズムの切り替えによってクリアできます。

図 8-24. STATUS_MFR_SPECIFIC

7	6	5	4	3	2	1	0
DCM							非対応
R-0h							R-0h

表 8-33. STATUS_MFR_SPECIFIC フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	DCM	R	0h	Live (ラッチなし) ステータス ビット。このビットは、DCM 動作の検出時に設定されます。このビットは SMB_ALERT# をトリガせず、STATUS_WORD の MFR ビットや STATUS_BYTE の OTH ビットをアサートしません。 0h = デバイスは DCM で動作していません。 1h = デバイスは DCM で動作しています。
6-0	非対応	R	0h	サポートされず、常に 0 に設定されます。

8.1.28 READ_VOUT (アドレス = 8Bh)

図 8-25 に READ_VOUT を示し、表 8-34 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR16、絶対値

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

READ_VOUT コマンドは、実際の測定された出力電圧 (VOSNS-GOSNS) をボルト単位で返します。詳細については、「遠隔測定」を参照してください。形式と LSB を (20h) VOUT_MODE で設定します。

注

このデバイスは、VOUT_SCALE_MONITOR 機能をサポートしていません。したがって、外部フィードバックを使用する場合、READ_VOUT は、出力電圧ではなく FB ピンのリファレンス電圧を読み出します。

図 8-25. READ_VOUT

15	14	13	12	11	10	9	8
非対応			READ_VOUT				
R-0h			R-0h				
7	6	5	4	3	2	1	0
READ_VOUT							
R-0h							

表 8-34. READ_VOUT フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-13	非対応	R	0h	サポートされず、常に 0 に設定されます。
12-0	READ_VOUT	R	0h	出力電圧のテレメトリ データ。最小 0V にクランプされます。

8.1.29 READ_IOUT (アドレス = 8Ch)

図 8-26 に READ_IOUT を示し、表 8-35 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: LINEAR11

NVM バックアップ: なし

更新: オンザフライ

READ_IOUT コマンドは、SW 出力電流の測定値をアンペア単位で返します。詳細については、「遠隔測定」を参照してください。

図 8-26. READ_IOUT

15	14	13	12	11	10	9	8
EXPONENT_IOUT					READ_IOUT		
R-1Ah					R-XXh		
7	6	5	4	3	2	1	0
READ_IOUT							
R-XXh							

表 8-35. READ_IOUT フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	EXPONENT_IOUT	R	1Ah	線形形式の 2 の補数指数です。指数が -5 に固定され、0.03125A LSB になります。
10-0	READ_IOUT	R	X	出力電流の読み取り値。ビット [10] は、デバイスでは負の値をサポートしていないため 0 に固定されています。

8.1.30 READ_TEMP1 (アドレス = 8Dh)

図 8-27 に、READ_TEMP1 を示し、表 8-36 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし
読み取りトランザクション: 読み取りワード
データフォーマット: LINEAR11
NVM バックアップ: なし
更新: オンザフライ

READ_TEMP1 コマンドは、コントローラのダイ温度を摂氏 (°C) で返します。詳細については、「遠隔測定」を参照してください。

図 8-27. READ_TEMP1

15	14	13	12	11	10	9	8
指数					READ_TEMP1		
R-0h					R-XXh		
7	6	5	4	3	2	1	0
READ_TEMP1							
R-XXh							

表 8-36. READ_TEMP1 のフィールド説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-11	指数	R	0h	線形形式の 2 の補数指数です。指数部が 0 に固定され、1°C になります。
10-0	READ_TEMP1	R	X	コントローラ ダイの温度。

8.1.31 PMBUS_REVISION (アドレス = 98h)

図 8-28 に PMBUS_REVISION を示し、表 8-37 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

PMBUS_REVISION コマンドは、PMBus のリビジョンを返します。

図 8-28. PMBUS_REVISION

7	6	5	4	3	2	1	0
PMBUS_REVISION							
R-55h							

表 8-37. PMBUS_REVISION フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	PMBUS_REVISION	R	55h	PMBus リビジョン、PMBus 仕様のリビジョン 1.4 準拠 (パート I および II)。

8.1.32 MFR_ID (アドレス = 99h)

図 8-29 に MFR_ID を示し、表 8-38 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: ブロック読み取り

データフォーマット: 符号なしバイナリ (2 バイト)

NVM バックアップ: なし

この読み取り専用ブロック読み取りコマンドは、メーカーの ID (ユニットのメーカーを示す名前、略語、またはシンボル) を含む 1 ワード (16 ビット) を返します。ブロック読み取りコマンドの BYTE_COUNT フィールドは 2 です (2 バイトが続くことを示します)。

図 8-29. MFR_ID

15	14	13	12	11	10	9	8
I の ASCII コード							
R-49h							
7	6	5	4	3	2	1	0
T の場合は ASCII							
R-54h							

表 8-38. MFR_ID フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-8	I の ASCII コード	R	49h	
7-0	T の場合は ASCII	R	54h	

8.1.33 MFR_MODEL (アドレス = 9Ah)

図 8-30 に MFR_MODEL を示し、表 8-39 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: ブロック読み取り

データフォーマット: 符号なしバイナリ (4 バイト)

NVM バックアップ: なし

この読み取り専用ブロック読み取りコマンドは、メーカーのモデル番号を含む 4 バイト (32 ビット) を返します。ブロック読み取りコマンドの BYTE_COUNT フィールドは 4 です (4 バイトが続くことを示します)。

図 8-30. MFR_MODEL

31	30	29	28	27	26	25	24
型番の拡張							
R-0h							
23	22	21	20	19	18	17	16
型番の 5 桁目				型番の 6 桁目			
R-2h				R-8h			
15	14	13	12	11	10	9	8
型番の 3 桁目							
R-4h							
7	6	5	4	3	2	1	0
型番の 1 桁目				型番の 2 桁目			
R-5h				R-4h			

表 8-39. MFR_MODEL フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
31-24	型番の拡張	R	0h	
23-20	型番の 5 桁目	R	2h	
19-16	型番の 6 桁目	R	8h	
15-12	型番の 3 桁目	R	4h	
7-4	型番の 1 桁目	R	5h	
3-0	型番の 2 桁目	R	4h	

8.1.34 MFR_REVISION (アドレス = 9Bh)

図 8-31 に MFR_REVISION を示し、表 8-40 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: ブロック書き込み

読み取りトランザクション: ブロック読み取り

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

このシングル バイトのブロック コマンドは、メーカーのリビジョン番号の設定または読み取りに使用されます。書き込み可能であり、NVM バックアップが含まれています。

図 8-31. MFR_REVISION

7	6	5	4	3	2	1	0
MFR_REVISION							
R/W-XXh							

表 8-40. MFR_REVISION フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	MFR_REVISION	R/W	X	

8.1.35 IC_DEVICE_ID (アドレス = ADh)

図 8-32 に IC_DEVICE_ID を示し、表 8-41 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: ブロック読み取り

データフォーマット: 符号なしバイナリ (6 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

ブロック読み取り専用の IC_DEVICE_ID コマンドは、PMBus インターフェイスに使用される、PMBus 内に組込まれた IC のタイプまたは型番を読み取るために使用されます。IC_DEVICE_ID は 6 バイトのブロック形式を使用します。最初の 2 バイトは、ASCII テキスト形式の「TI」の場合、5449h である必要があります。3 番目から 5 番目のバイトは、6 桁の型番を表す、直接読み取り可能な 16 進数の型番です。6 番目のバイトは、型番の拡張コードです。

図 8-32. IC_DEVICE_ID

47	46	45	44	43	42	41	40
型番の拡張							
R-0h							
39	38	37	36	35	34	33	32
型番の 5 桁目				型番の 6 桁目			
R-2h				R-8h			
31	30	29	28	27	26	25	24
型番の 3 桁目							
R-4h							
23	22	21	20	19	18	17	16
型番の 1 桁目				型番の 2 桁目			
R-5h				R-4h			
15	14	13	12	11	10	9	8
I の ASCII コード							
R-49h							
7	6	5	4	3	2	1	0
T の場合は ASCII							
R-54h							

表 8-41. IC_DEVICE_ID フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
47-40	型番の拡張	R	0h	
39-36	型番の 5 桁目	R	2h	
35-32	型番の 6 桁目	R	8h	
31-28	型番の 3 桁目	R	4h	
23-20	型番の 1 桁目	R	5h	
19-16	型番の 2 桁目	R	4h	
15-8	I の ASCII コード	R	49h	
7-0	T の場合は ASCII	R	54h	

8.1.36 IC_DEVICE_REV (アドレス = AEh)

図 8-33 に IC_DEVICE_REV を示し、表 8-42 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: ブロック読み取り

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: なし

ブロック読み取り専用 IC_DEVICE_REV コマンドは、固有のデバイス リビジョン識別子を含む 1 バイトを返します。DEVICE_REV は最初のシリコンで 0 から始まり、以後のシリコン リビジョンごとにインクリメントされます。ブロック読み取りコマンドの BYTE_COUNT フィールドは 01h です (1 バイトが続くことを示します)。

図 8-33. IC_DEVICE_REV

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み	PS_IC			DEVICE_REVISION			
R-0h	R-0h			R-0h			

表 8-42. IC_DEVICE_REV フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	予約済み	R	0h	予約済み
6-4	PS_IC	R	0h	電力段のバージョン。これらのビットは電力段のダイ ID からマップされます。
3-0	DEVICE_REVISION	R	0h	デバイス リビジョン。

8.1.37 SYS_CFG_USER1 (アドレス = D1h)

図 8-34 に、SYS_CFG_USER1 を示し、表 8-43 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みバイト

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

このコマンドには、システム構成用のその他のビットが含まれています。

図 8-34. SYS_CFG_USER1

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み	FCCM	PMB_LOCK	ADDR_CFG	予約済み	SEL_LC_H	NRSA_L	EN_FIX_OVF
R-0h	R/W-Xh	R/W-Xh	R/W-Xh	R-0h	R/W-Xh	R/W-Xh	R/W-Xh

表 8-43. SYS_CFG_USER1 のフィールド説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	予約済み	R	0h	予約済み
6	FCCM	R/W	X	強制 CCM 動作。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = DCM 動作がイネーブルになり、LFET 検出電流のゼロ交差検出に基づいて自動的に開始または終了します。 1h = スイッチング コンバータの連続導通状態を強制します。
5	PMB_LOCK	R/W	X	このビットは、PASSKEY コマンドへの書き込みアクセスを制御します。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = PASSKEY コマンドの説明で定義されているとおりです。 1h = PASSKEY への書き込みは ivc で NACK されます。
4	ADDR_CFG	R/W	X	このビットは、ADR ピンのピンストラップで選択される PMBus デバイスのアドレス範囲を以下のように選択します。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = ADR のトップ ニブルは 2h になります。 1h = ADR のトップ ニブルは 3h になります。このビットは、書き込み、STORE_USER_ALL コマンドを送信して POWER_ON_RESET を実行、または PMBus コマンド RESTORE_USER_ALL を送信した後にのみ有効になります。
3	予約済み	R	0h	予約済み
2	SEL_LC_H	R/W	X	このビットは制御ループ応答を調整し、出力の大きい LC (10 ~ 15kHz 付近の LC 重極) を使用する BOM の位相マージンを拡大するのに役立ちます。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = デフォルトのループ応答。 1h = 変更されたループ応答。
1	NRSA_L	R/W	X	このビットを 1 に設定すると NRSA の値が低く、一部の vboot 電圧用に 0 に設定すると NRSA の値が高くなります。VOUT_SCALE_LOOP の表を参照してください。リセット時、値は NVM によって決定されます。
0	EN_FIX_OVF	R/W	X	このビットを使用して、固定 OV フォルトを有効にします。リセット時、値は NVM によって決定されます。 0h = 固定 OVF を無効化する。 1h = 固定 OVF を有効にする。

8.1.38 PASSKEY (アドレス = D2h)

図 8-35 に PASSKEY を示し、表 8-44 で説明します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みブロック (1 バイト)

読み取りトランザクション: 読み出しブロック (3 バイト)

データ形式: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

パスキーを使用すると、ユーザーがプログラムした 8 ビット値を使って、(15h) STORE_USER_ALL および (10h) WRITE_PROTECT へのアクセスをロックできます。読み出し時、PASSKEY は 3 バイトを返します。上位 2 バイトは NVM_CHECKSUM をミラーリングし、最下位のバイトは現在の PASSKEY ステータスを示します。ロック解除すると、PASSKEY の最下位バイトから 00h が読み出されます。

パワーオンリセットまたは RESTORE_USER_ALL の実行後に PASSKEY がロック解除された場合:

不揮発性メモリのロックが解除されています。WRITE_PROTECT はロック解除され、書き込み可能です。STORE_USER_ALL 関数は正常に機能します。PASSKEY の読み出しを行うと、00h が返されます。書き込みによって PASSKEY は更新されますが、有効にするには STORE_USER_ALL を実行して値を NVM に保存する必要があります。

パワーオンリセットまたは RESTORE_USER_ALL の実行後に PASSKEY がロックされている場合:

不揮発性メモリはロックされています。STORE_USER_ALL および WRITE_PROTECT は「サポートされていないデータまたは無効なデータ」として否定応答されます。

PASSKEY の読み取りでは、次の値が報告されます。

- PASSKEY のロック解除に対して、無効な試行が一度も行われていない場合は 10h となります。
- PASSKEY のロック解除に対して、無効な試行が 1 回行われた場合は 11h となります。
- PASSKEY のロック解除に対して、無効な試行が 2 回行われた場合は 12h となります。
- PASSKEY のロック解除に対して、無効な試行が 3 回以上行われた場合は 1Fh となります。

RESTORE_USER_ALL の実行時、無効なアクセス試行カウンタの値が保持されます。無効なアクセス試行カウンタは、パワーオンリセット後にのみリセットされます。

PASSKEY の設定後、誤った値を書き込むと、上述のようにカウンタがインクリメントされます。3 回の無効な試行の後、それ以降に書き込みを試行しても ACK 応答が返され、STATUS ビットも設定されません。正しい PASSKEY の値を書き込んだとしても、PASSKEY はロックされたままとなります。書き込みデータが PASSKEY と一致し、無効な試行が 3 回未満である場合、PASSKEY を読み出すと現在の PASSKEY の値が返され、新しい値 (デバイスをロック解除状態のままにする 00h を含む) で上書きできるようになります。無効な試行カウンタは 0 にリセットされます。STORE_USER_ALL および WRITE_PROTECT は、書き込みアクセスが許可されます。

図 8-35. PASSKEY

7	6	5	4	3	2	1	0
PASSKEY							
R/W-XXh							

表 8-44. PASSKEY フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	PASSKEY	R/W	X	上記のレジスタの説明をご覧ください。

8.1.39 COMP (アドレス = D4h)

図 8-36 に、COMP を示し、表 8-45 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みバイト

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: オンザフライ

このコマンドには、レギュレートされたレールの帰還ループ補償設定が含まれます。

図 8-36. COMP

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み			OVRD_SUMCOMP_HIGH	OVRD_SUMCOMP_LOW	SEL_SUMCOMP	SEL_RAMP	
R-0h			R/W-Xh	R/W-Xh	R-0h	R/W-Xh	

表 8-45. COMP フィールド説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	予約済み	R	0h	予約済み
4	OVRD_SUMCOMP_HIGH	R/W	X	このビットをセットすると、DAC ターゲットに関係なく、SEL_SUMCOMP が High にオーバーライドされます。リセット時、値は NVM によって決定されます。
3	OVRD_SUMCOMP_LOW	R/W	X	このビットをセットすると、DAC ターゲットに関係なく、SEL_SUMCOMP が Low にオーバーライドされます。このビットは、OVRD_SUMCOMP_HIGH ビットよりも優先されます。両方のビットをセットすると、SEL_SUMCOMP は 0 になります。リセット時、値は NVM によって決定されます。
2	SEL_SUMCOMP	R	0h	内部 DAC リファレンス ターゲットが 750mV 以上の場合にレポートします (DAC ターゲットはディスエーブル時にのみ更新されます)。
1-0	SEL_RAMP	R/W	X	これらのビットによって、ランプの振幅 / 勾配が決定されます。リセット時、値は NVM によって決定されます。

表 8-46. COMP 設定値一覧

ランプ	SEL_RAMP (b)	相対有効ランプ振幅	
		SEL_SUMCOMP = 0b	SEL_SUMCOMP = 1b
RAMP1	00	2.1×	3.3×
RAMP2	01	1.6×	2.4×
RAMP3	10	1.4×	2.0×
RAMP4	11	1×	1.5×

8.1.40 VBOOT (アドレス = D5h)

図 8-37 に、VBOOT を示し、表 8-47 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 書き込みバイト

読み取りトランザクション: 読み取りバイト

データフォーマット: 符号なしバイナリ (1 バイト)

NVM バックアップ: EEPROM

更新: パワー サイクル時

このコマンドには、ブートアップ電圧 VBOOT を設定するためのビットが含まれています。

図 8-37. VBOOT

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み				VBOOT			
R-0h				R/W-Xh			

表 8-47. VBOOT フィールド説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	予約済み	R	0h	予約済み
4-0	VBOOT	R/W	X	これらのビットには、(初期 VOUT 電圧を直接指定する場合とは異なり、) ソフトスタート用の VREF DAC ターゲット コードで使用される VBOOT 設定が含まれています。ユーザーは、目的の出力電圧 VOUT を実現するため、適切な VOUT_SCALE_LOOP を選択する必要があります。リセット時、値は NVM によって決定されます。

表 8-48. VBOOT 設定値一覧

VBOOT [4:0] (10 進数)	VOUT_SCALE_LOOP (V/V)		V _{OUT} (V)
	NRSA_L = 0b	NRSA_L = 1b	
0	1	1	0.4
1	1	1	0.45
2	1	1	0.5
3	1	1	0.55
4	1	1	0.6
5	1	1	0.65
6	1	1	0.7
7	1	1	0.75
8	1	1	0.8
9	0.5	1	0.85
10	0.5	1	0.9
11	0.5	0.5	0.95
12	0.5	0.5	1.0
13	0.5	0.5	1.05
14	0.5	0.5	1.1
15	0.5	0.5	1.15

表 8-48. VBOOT 設定値一覧 (続き)

VBOOT [4:0] (10 進数)	VOUT_SCALE_LOOP (V/V)		V _{OUT} (V)
	NRSA_L = 0b	NRSA_L = 1b	
16	0.5	0.5	1.2
17	0.5	0.5	1.25
18	0.5	0.5	1.3
19	0.5	0.5	1.5
20	0.5	0.5	1.6
21	0.25	0.5	1.7
22	0.25	0.5	1.8
23	0.25	0.25	2
24	0.25	0.25	2.25
25	0.25	0.25	2.5
26	0.25	0.25	2.75
27	0.25	0.25	3.0
28	0.125	0.25	3.3
29	0.125	0.25	3.6
30	0.125	0.125	4.5
31	0.125	0.125	5.0

8.1.41 NVM_CHECKSUM (アドレス = D9h)

NVM_CHECKSUM は、[図 8-38](#) に示され、[表 8-49](#) で説明されています。

[概略表](#)に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: 符号なしバイナリ (2 バイト)

NVM バックアップ: なし

更新: パワー サイクル時

このコマンドには、不揮発性メモリ (NVM) の内容を読み取ったときの CRC 値が含まれます。チェックサム値は CRC-16 (多項式 8005h) として計算されます。チェックサムは 8 つの並列スライスで計算されます。入力 8 ビットの最後のワードにするために必要なパディングは 0 になります。チェックサム値は NVM に保存され、STORE 機能の整合性を確保します。ユーザーが計算した NVM_CHECKSUM と、予想される既知の良好な値を比較すると、STORE 操作中に破損したデータが RESTORE 時に検出されます。

図 8-38. NVM_CHECKSUM

15	14	13	12	11	10	9	8
NVM_CHECKSUM							
R-XXXXh							
7	6	5	4	3	2	1	0
NVM_CHECKSUM							
R-XXXXh							

表 8-49. NVM_CHECKSUM フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-0	NVM_CHECKSUM	R	X	最後に保存された NVM のチェック合計結果で応答します。32 ビット (0Eh) PASSKEY NVM ビットは NVM_CHECKSUM の判定から除外され、悪意のあるアクターがデバイス構成を読み取って PASSKEY 値を繰り返し設定して、PASSKEY 値を検出しようとするのを防ぎます。

8.1.42 FUSION_ID0 (アドレス = FCh)

図 8-39 に、FUSION_ID0 を示し、表 8-50 に、その説明を示します。

概略表に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: 読み取りワード

データフォーマット: 符号なしバイナリ (2 バイト)

NVM バックアップ: なし

FUSION_ID0 は、テキサス インスツルメンツの Digital Power Designer が TI デバイスを識別するために使用するプラットフォーム レベルの識別コードを提供します。

このコマンドへの書き込みは受け付けられますが、それ以外の場合は無視されます (書き込み試行後、このコマンドの読み戻し値は変更されません)。このコマンドは一部の TI デバイスで書き込み可能であるため、相互互換性を維持するため、デバイスはこのコマンドに対する書き込みトランザクションも受け付けます。このコマンドの書き込み試行を受けた結果として、STATUS_CML ビットは設定されません。

図 8-39. FUSION_ID0

15	14	13	12	11	10	9	8
FUSION_ID0							
R-2C0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
FUSION_ID0							
R-2C0h							

表 8-50. FUSION_ID0 のフィールド説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
15-0	FUSION_ID0	R	2C0h	02C0h にハードコードされています。

8.1.43 Fusion_ID1 (アドレス = FDh)

FUSION_ID1 を表 8-51 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

書き込みトランザクション: 該当なし

読み取りトランザクション: ブロック読み取り

データフォーマット: 符号なしバイナリ (6 バイト)

NVM バックアップ: なし

FUSION_ID1 は、テキサス インスツルメンツの Digital Power Designer が TI デバイスを識別するために使用するプラットフォーム レベルの識別コードを提供します。

このコマンドへの書き込みは受け付けられますが、それ以外の場合は無視されます (書き込み試行後、このコマンドの読み戻し値は変更されません)。このコマンドは一部の TI デバイスで書き込み可能であるため、相互互換性を維持するため、デバイスはこのコマンドに対する書き込みトランザクションも受け付けます。このコマンドの書き込み試行を受けた結果として、STATUS_CML ビットは設定されません。

表 8-51. FUSION_ID1 のフィールド説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
3-0	FUSION_ID1	R	4h	Fh にハードコードされています。4h にハードコードされています。Bh にハードコードされています。3h にハードコードされています。5h にハードコードされています。Ch. にハードコードされています。9h にハードコードされています。

9 アプリケーションと実装

注

以下のアプリケーション情報は、テキサス・インスツルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インスツルメンツはその正確性も完全性も保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。また、お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

9.1 アプリケーション情報

TPS544B28 デバイスは、高効率のシングル チャネル小型同期整流 降圧コンバータです。このデバイスは、サーバー、ストレージ、および同様のコンピューティング アプリケーションにおける **20A** または 以下の出力電流の低出力電圧ポイント オブ ロード アプリケーション向けに設計されています。**TPS544B28** は、独自の **D-CAP4** モード制御と適応型オン時間アーキテクチャを採用しています。この組み合わせにより、低デューティ比で超高速の負荷ステップ応答を持つ最新の DC/DC コンバータを優れた方法で構築できます。出力電圧範囲は、**~ 5.5V** です。変換入力電圧の範囲は **2.7V ~ 16V**、**VCC** 入力電圧の範囲は **3.1V ~ 5.3V** です。**D-CAP4** モードは、エミュレートされた電流情報を使用して変調を制御します。この制御方式の利点として、この制御方式に外部位相補償回路が必要ないことが挙げられます。そのため、デバイスは使いやすく、外付け部品数も少なく済みます。この制御方式のもう 1 つの利点は、この制御方式が、すべての低 **ESR** 出力コンデンサ (セラミック コンデンサや低 **ESR** ポリマー コンデンサなど) で安定して動作できることです。適応型オン時間制御は、広い範囲の入力電圧および出力電圧にわたってプリセットされたスイッチング周波数を追跡すると同時に、負荷ステップ過渡が発生した際に必要に応じてスイッチング周波数を上昇させます。

9.2 代表的なアプリケーション

の回路図は **TPS544B28** の代表的なアプリケーション例を示しています。この例では、**8V ~ 16V** の入力電圧範囲を最大出力電流 **20A** で **3.3V** に変換する設計手順について説明します。

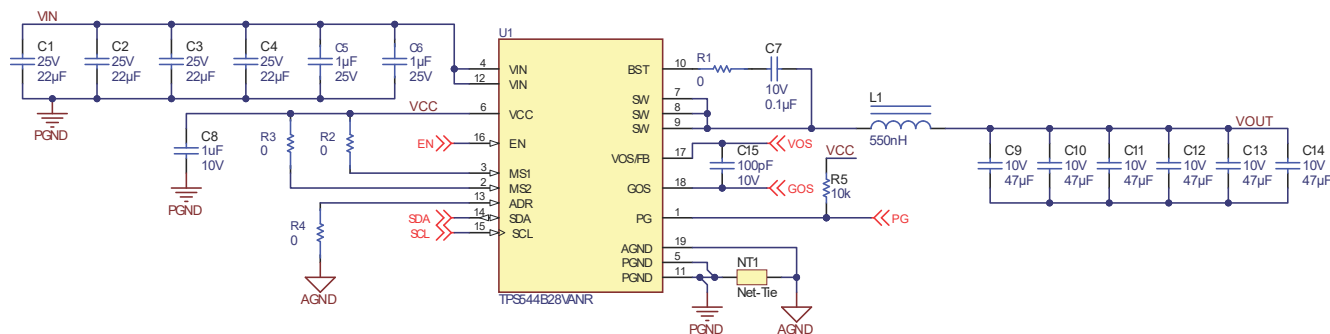


図 9-1. アプリケーション回路図

9.2.1 設計要件

この設計では、次の表に示すパラメータを使用します。

表 9-1. 設計例の仕様

仕様	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
V _{IN} 電圧範囲		8	12	16	V
入力電流	V _{IN} = 8V, I _{OUT} = 20A		9		A
V _{IN} スタート電圧	EN ピン抵抗デバイダで設定		3.84		V
出力電圧の設定ポイント	MS2 ピンの選択による V _{OUT} = 3.3V の設定		3.3		V
出力電流範囲	V _{IN} = 8 V→16 V	0		20	A
負荷過渡応答	I _{OUT} = 5A ~ 15A 電圧変化		-99		mV
	I _{OUT} = 15A ~ 5A 電圧変化		99		mV
出力リップル電圧	I _{OUT} = 20A		16		mVPP
ソフトスタート時間	スイッチング開始から V _{OUT} = 3.3V, t _{SS} = 1ms の設定	0.8	1	1.2	ms
電流制限	MS1 ピンの選択による OCP = 21A の設定	19	21	23	A
スイッチング周波数 (f _{SW})	MS1 ピンの選択による f _{SW} = 800kHz の設定		800		kHz
IC ケース温度	I _{OUT} = 20A, 15 分間の浸漬		77.4		°C

9.2.2 詳細な設計手順

外部部品の選択は、D-CAP4 モードを使用した簡単なプロセスです。外部部品は以下の手順で選択します。

9.2.2.1 出力電圧設定値

MS2 ピンは以下に基づいてデバイスの出力電圧構成と、FCCM または PFM の動作を選択します。表 7-4.この設計では、内部 FB 構成オプションを使用します。

表 7-4 で利用可能な電圧以外の出力電圧が必要な場合は、外部フィードバック構成により、電圧分割抵抗 R1 および R2 によって出力電圧をプログラムできます。R1 は VOS/FB ピンと出力の間に接続し、R2 は VOS/FB ピンと GOS の間に接続します。推奨 R2 値は 10kΩ ですが、1kΩ ~ 20kΩ の範囲内で別の値に設定することもできます。R1 を決定するには、式 6 を使用します。

$$R1 = R2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) \quad (6)$$

9.2.2.2 スwitchング周波数の選択

この設計では、内部フィードバック モードを使用し、MS1 ピンをピンストラップ抵抗、GND、または VCC に接続することで、スイッチング周波数が設定されます。表 7-3 も参照してください。

スイッチング周波数の選択は、高効率と小型設計とのトレードオフになります。スイッチング周波数が低いと、全体の効率は高くなりますが、外付け部品は比較的大きくなります。スイッチング周波数が高いほどスイッチング損失が増加し、効率や放熱性能が悪化します。この設計ではスイッチング周波数を 800kHz に設定するために、MS1 ピンを VCC に接続します。

降圧コンバータのスイッチング周波数を選択するときは、最小オン時間と最小オフ時間を考慮する必要があります。式 7 では、最小オン時間によって制限される前の最大 f_{SW} を計算します。D-CAP4 制御によりコンバータの最小オン時間制限に達すると、実効スイッチング周波数が変化して出力電圧がレギュレートされたままになります。この計算では、コンバータの抵抗性電圧降下を無視して、ワースト ケースの推定が行われます。

$$f_{SW(max)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN(max)}} \times \frac{1}{t_{ON\_MIN}} = \frac{3.3V}{16V} \times \frac{1}{25ns} = 8250kHz \quad (7)$$

式 8 では、最小オフ時間によって制限される前の最大 f_{SW} を計算します。D-CAP4 制御によるコンバータの最小オフ時間制限に達すると、動作デューティサイクルは増加し、出力電圧は入力電圧に応じて低下し始めます。この式では、次の手順で選択されたインダクタの DC 抵抗 R_{DCR} が必要なため、この予備計算では $1.4\text{m}\Omega$ の抵抗を想定しています。最小オフ時間によって制限される最大 f_{SW} 付近で動作する場合は、式 9 を使用する際に温度による抵抗の変動を考慮する必要があります。選択した 800kHz の f_{SW} は、計算された 2 つの最大値を下回っています。

$$f_{SW}(\text{max}) = \frac{V_{IN}(\text{min}) - V_{OUT} - I_{OUT}(\text{max}) \times (R_{DCR} + R_{DS(ON\_HS)})}{t_{OFF\_MIN}(\text{max}) \times (V_{IN}(\text{min}) - I_{OUT}(\text{max}) \times (R_{DS(ON\_HS)} - R_{DS(ON\_LS)}))} \quad (8)$$

$$f_{SW}(\text{max}) = \frac{8\text{V} - 3.3\text{V} - 20\text{A} \times (1.4\text{m}\Omega + 8.9\text{m}\Omega)}{150\text{ns} \times (8\text{V} - 20\text{A} \times (8.9\text{m}\Omega - 3.3\text{m}\Omega))} = 3798\text{kHz} \quad (9)$$

9.2.2.3 インダクタの選択

出力インダクタ (L_{OUT}) を計算するには、式 10 を使用します。出力コンデンサは、インダクタのリプル電流 ($I_{IND(\text{ripple})}$) をフィルタリングします。したがって、大きなインダクタ リプル電流を選択すると、それ以上のリプル電流定格を持つ出力コンデンサが必要となるため、出力コンデンサの選択に影響が及びます。リプル電流が大きいと、出力リプル電圧が増加しますが、信号対雑音比が向上し、動作の安定に役立ちます。一般的に言って、バランスのとれた性能を得るには、インダクタンス値はリプル電流を最大出力電流のおよそ 15% ~ 40% に設定する必要があります。

この設計では、インダクタ リプル電流を 20 A の出力電流の 30% に設定しています。スイッチング周波数が 800kHz で、最大 V_{IN} は 16V、出力電圧が 3.3V の場合、これらのパラメータに基づいて、式 10 は $0.546\mu\text{H}$ のインダクタンスを計算します。最も近い標準値 $0.55\mu\text{H}$ が選択されます。

$$L = \frac{(V_{IN}(\text{max}) - V_{OUT}) \times V_{OUT}}{I_{RIPPLE} \times V_{IN}(\text{max}) \times f_{SW}} = \frac{(16\text{V} - 3.3\text{V}) \times 3.3\text{V}}{0.3 \times 20\text{A} \times 16\text{V} \times 800\text{kHz}} = 0.546\mu\text{H} \quad (10)$$

インダクタは良好な効率を達成するために Low DCR が必要です。また、ピーク インダクタ電流から飽和までの間に十分な余裕が必要です。インダクタ電流リプルを見積るには、式 11 を使用します。この設計では、CFG1 ピンを VCC に接続することで、 $I_{OC(\text{valley})}$ は 21A に設定されるため、最大 V_{IN} におけるピークインダクタ電流は式 12 で 22.98A と計算されます。

$$I_{RIPPLE} = \frac{(V_{IN}(\text{max}) - V_{OUT}) \times V_{OUT}}{L \times V_{IN}(\text{max}) \times f_{SW}} = \frac{(16\text{V} - 3.3\text{V}) \times 3.3\text{V}}{0.55\mu\text{H} \times 16\text{V} \times 800\text{kHz}} = 5.95\text{A} \quad (11)$$

$$I_{L(\text{PEAK})} = I_{OUT} + \frac{I_{RIPPLE}}{2} = 20\text{A} + \frac{5.95\text{A}}{2} = 22.98\text{A} \quad (12)$$

$$I_{L(\text{RMS})} = \sqrt{I_{OUT}^2 + \frac{I_{RIPPLE}^2}{12}} = \sqrt{20\text{A}^2 + \frac{5.95\text{A}^2}{12}} = 20.07\text{A} \quad (13)$$

選択したインダクタンスは、Coilcraft XAL7070-551MEB です。このインダクタンスの飽和電流定格は 43A、RMS 電流定格は 29A、DCR は最大 $1.6\text{m}\Omega$ です。このインダクタは、高効率を得るために Low DCR のために選択されました。

9.2.2.4 出力コンデンサの選択

出力コンデンサの値を選択するには、主に 3 つの検討事項があります。

1. 安定性
2. 定常状態の出力電圧リプル
3. 負荷電流の変化に対するレギュレータの過渡応答

まず、これら 3 つの要件に基づいて最小出力容量を計算します。式 14 では、安定性要件を満たすための、LC 重極を表 7-2 の $f_{P(\text{MAX})}$ 未満に維持するための最小容量を計算しています。 $f_{P(\text{MAX})}$ を計算するには、表 7-2 から適切な K_{f_LC} を特定します。デフォルトでは、このデバイスには補正設定として RAMP3 および SEL_SUMCOMP=0 が事前にプログラムされています。この例では、 $K_{f\_LC} = 9.6$ および $V_{REF\_DAC} = V_{OUT\_COMMAND} \times V_{OSL} = 3.3\text{V} \times 0.125\text{V/V} =$

0.4125V となっています。正しい K_{f_LC} と V_{REF_DAC} を決定した後、両方の値を 式 2 に代入します。このアプリケーション例では、 $f_P(MAX) = 14.947\text{kHz}$ です。計算した $f_P(MAX)$ を 式 14 に代入して、安定性に必要な最小 C_{OUT} を決定します。式 15 では、定常状態の出力電圧リップル要件である 16mV を満たすための最小容量を計算しています。これらの計算は CCM 動作であり、出力コンデンサの ESR または ESL に起因する出力電圧リップルの一部は含まれていません。

$$C_{OUT\_STABILITY} > \left(\frac{1}{2\pi \times f_P(MAX)} \right)^2 \times \frac{1}{L_{OUT}} = \left(\frac{1}{2\pi \times 14.947\text{kHz}} \right)^2 \times \frac{1}{0.55\mu\text{H}} = 207\mu\text{F} \quad (14)$$

$$C_{OUT\_RIPPLE} > \frac{I_{RIPPLE}}{8 \times V_{RIPPLE} \times f_{SW}} = \frac{5.95\text{A}}{8 \times 16\text{mV} \times 800\text{kHz}} = 58.1\mu\text{F} \quad (15)$$

式 17、式 18 は、10A ステップで 99mV の過渡応答要件を満たす最小静電容量を計算します。これらの式は、負荷ステップ後にインダクタ電流が上昇または下降している間、出力電圧を一定に保持するために必要な出力容量を計算します。

$$C_{OUT\_UNDERSHOOT} > \frac{L \times I_{STEP}^2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN(min)} \times f_{SW}} + t_{OFF\_MIN(max)} \right)}{2 \times V_{TRANS} \times V_{OUT} \times \left(\frac{V_{IN(min)} - V_{OUT}}{V_{IN(min)} \times f_{SW}} - t_{OFF\_MIN(max)} \right)} \quad (16)$$

$$C_{OUT\_UNDERSHOOT} > \frac{0.55\mu\text{H} \times 10\text{A}^2 \times \left(\frac{3.3\text{V}}{8\text{V} \times 800\text{kHz}} + 150\text{ns} \right)}{2 \times 99\text{mV} \times 3.3\text{V} \times \left(\frac{8\text{V} - 3.3\text{V}}{8\text{V} \times 800\text{kHz}} - 150\text{ns} \right)} = 95.9\mu\text{F} \quad (17)$$

$$C_{OUT\_OVERSHOOT} > \frac{L \times I_{STEP}^2}{2 \times V_{TRANS} \times V_{OUT}} = \frac{0.55\mu\text{H} \times 10\text{A}^2}{2 \times 99\text{mV} \times 3.3\text{V}} = 84.2\mu\text{F} \quad (18)$$

オーバーシュート要件を満たすために必要な出力容量は最大値であるため、この例では必要な最小出力容量が設定されます。安定性要件では、最大出力容量を制限することもできます。式 19 は、推奨最大出力容量を計算します。この計算では、LC の重極が f_{SW} の 1/100 よりも高く維持されます。

$$C_{OUT\_STABILITY} < \left(\frac{50}{\pi \times f_{SW}} \right)^2 \times \frac{1}{L} = \left(\frac{50}{\pi \times 800\text{kHz}} \right)^2 \times \frac{1}{0.55\mu\text{H}} = 720\mu\text{F} \quad (19)$$

より大きな出力容量を使用することも可能ですが、ボード線図または過渡応答測定で安定性を確認する必要があります。選択する出力容量は、6 × 47μF、10V のセラミック コンデンサです。セラミック コンデンサを使用する場合は、DC バイアス効果と AC バイアス効果により容量をデレーティングする必要があります。選択したコンデンサは公称値で 75% までデレーティングし、実効的な総容量は 211μF となります。この実効容量は、最小要件と最大要件を満たします。

このアプリケーションでは、すべてセラミック コンデンサを使用するため、リップルと過渡に対する ESR の影響は無視します。非セラミック コンデンサを使用する場合、まず、ESR は、リップル要件を満たすために 式 20 で計算された値よりも低く、過渡要件を満たすために 式 21 よりも低くなければなりません。より正確な計算を行う場合、または複数の出力コンデンサを使用する場合は、出力コンデンサのインピーダンスを使用して、リップルと過渡要件を満たすかどうかを判定する必要があります。

$$R_{ESR\_RIPPLE} < \frac{V_{RIPPLE}}{I_{RIPPLE}} = \frac{26\text{mV}}{5.95\text{A}} = 4.4\text{m}\Omega \quad (20)$$

$$R_{ESR\_TRANS} < \frac{V_{TRANS}}{I_{STEP}} = \frac{99\text{mV}}{10\text{A}} = 9.9\text{m}\Omega \quad (21)$$

9.2.2.5 入力コンデンサ (C_{IN}) の選択

このデバイスでは、電力段をバイパスするため、VIN ピンと PGND ピンの両方のペアの間に入力バイパス コンデンサを接続する必要があります。バイパス コンデンサは、レイアウトが可能な限り IC のピンのできるだけ近くに配置する必要があります。

ります。セラミック容量の少なくとも $20\mu\text{F}$ (公称値) と、2 つの高周波セラミック バイパス コンデンサが必要です。必要な高周波バイパスを提供し、VIN ピンと SW ピンのパワーステージ全体の高周波オーバーシュートとアンダーシュートを低減するには、 $0.1\mu\text{F} \sim 1\mu\text{F}$ のコンデンサを、デバイスのボードの同じ側にある VIN ピン 4 と 12 の両方にできるだけ近づけて配置する必要があります。テキサス インスツルメンツは、入力電圧リップルを最小限に抑えるため、各 VIN ピンにできるだけ近づけてバイパス キャパシタンスを $1\mu\text{F}$ 以上にすることを推奨します。セラミック コンデンサには、高い容量/体積比と温度範囲全体にわたって安定した特性を持つため、X6S 以上の高品質の誘電体を使用する必要があります。この要件に加えて、過渡条件時の入力電圧の変動を最小限に抑えるため、アプリケーションによっては入力に応じて大きなバルク容量が必要となる場合があります。

式 22 を使用して、特定の入力リップル目標を満たすために必要な入力容量を計算します。推奨される目標入力電圧リップルは最小入力電圧の 5% で、この例では 780mV です。計算された入力容量は $5.5\mu\text{F}$ 。この例では、 $2 \times 10\mu\text{F}$ のセラミック コンデンサを使用して、これら 2 つの要件を満たしています。

$$C_{\text{IN}} > \frac{V_{\text{OUT}} \times I_{\text{OUT}} \times \left(1 - \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}(\text{min})}}\right)}{f_{\text{SW}} \times V_{\text{IN}(\text{min})} \times V_{\text{IN\_RIPPLE}}} = \frac{3.3\text{V} \times 20\text{A} \times \left(1 - \frac{3.3\text{V}}{8\text{V}}\right)}{800\text{kHz} \times 8\text{V} \times 780\text{mV}} = 7.8\mu\text{F} \quad (22)$$

コンデンサの RMS 電流定格をアプリケーションの最大入力電流 RMS よりも大きくする必要があります。式 24 を使用して、入力コンデンサがサポートする必要がある入力 RMS 電流を計算します。結果はこの例では、 9.9A です。セラミック入力コンデンサの電流定格は、この値よりも大きいです。

$$I_{\text{CIN(RMS)}} = \sqrt{\frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}(\text{min})}} \times \left(\frac{(V_{\text{IN}(\text{min})} - V_{\text{OUT}})}{V_{\text{IN}(\text{min})}} \times I_{\text{OUT}}^2 + \frac{I_{\text{RIPPLE}}^2}{12} \right)} \quad (23)$$

$$I_{\text{CIN(RMS)}} = \sqrt{\frac{3.3\text{V}}{8\text{V}} \times \left(\frac{(8\text{V} - 3.3\text{V})}{8\text{V}} \times 20^2 + \frac{5.95^2}{12} \right)} = 9.9\text{A} \quad (24)$$

低入力電圧と高電流などの入力にバルク容量を必要とするアプリケーションの場合、TI はアナログ設計ジャーナルの [降圧コンバータの入力コンデンサの選択方法](#) に記載されている選択プロセスを推奨しています。

9.2.2.6 VCC バイパス コンデンサ

レイアウトが可能な限り、VCC ピンをできるだけ近くに配置した $1.0\mu\text{F}$ (6.3V 以上の定格)、X5R セラミック バイパス コンデンサが必要です。0402 パッケージなど、可能な限り最小サイズのコンデンサを使用して、VCC ピンから PGND ピンまでのループを最小限に抑えます。

9.2.2.7 ブート コンデンサ

レイアウトの許す限り、BOOT ピンと SW ピンの間に、少なくとも $0.1\mu\text{F}$ 、 10V 、X5R のセラミックバイパス コンデンサがピンのできるだけ近くに配置されている必要があります。

9.2.2.8 PG プルアップ抵抗

PG ピンはオープンドレインであるため、このピンを使用する場合はプルアップ抵抗が必要です。推奨される値は $1\text{k}\Omega \sim 100\text{k}\Omega$ です。

9.2.2.9 PMBus® アドレスと故障回復モードを選択する

ADR ピンと AGND との間に抵抗を接続することにより、メモリ マップ内で事前設定された PMBus アドレスと故障回復モードが設定されます。外付け抵抗で選択可能な PMBus アドレスと故障回復モードの一覧については、表 7-5 を参照してください。このアプリケーションでは、 0Ω の抵抗を使用してピンを AGND に短絡すると、PMBus アドレス 21h とヒックアップ故障回復モードが選択されます。

9.2.3 アプリケーション曲線

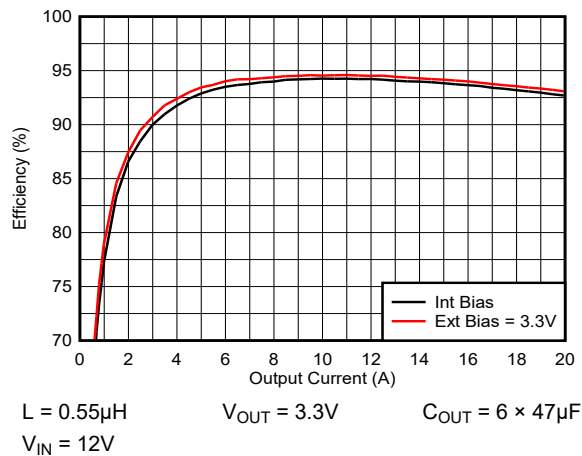


図 9-2. 効率 - FCCM

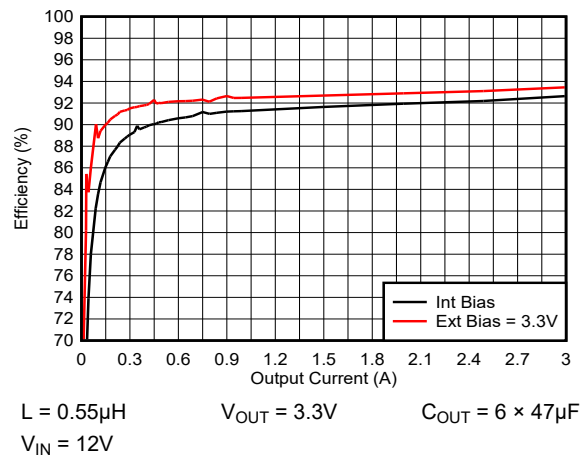


図 9-3. 効率 - PFM モード

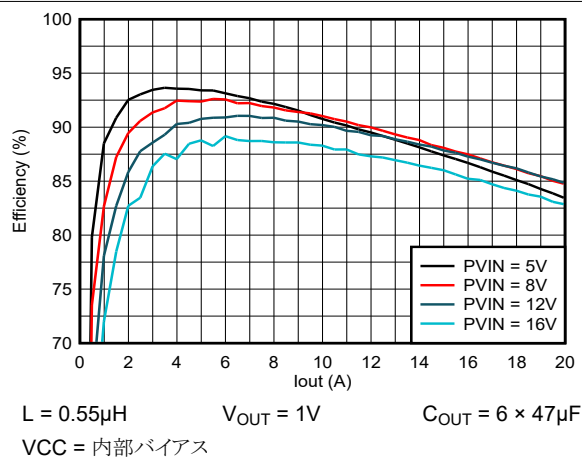


図 9-4. 効率 - FCCM

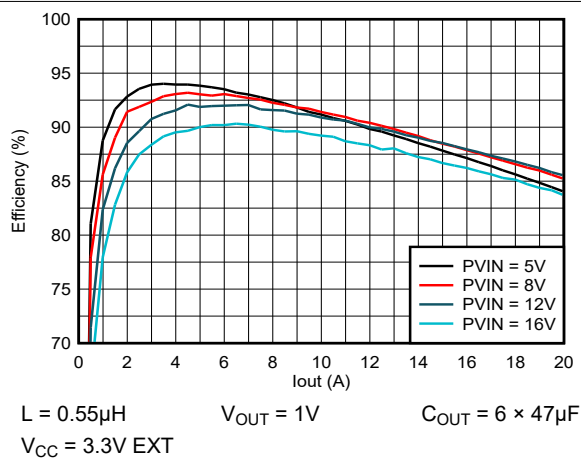


図 9-5. 効率 - FCCM

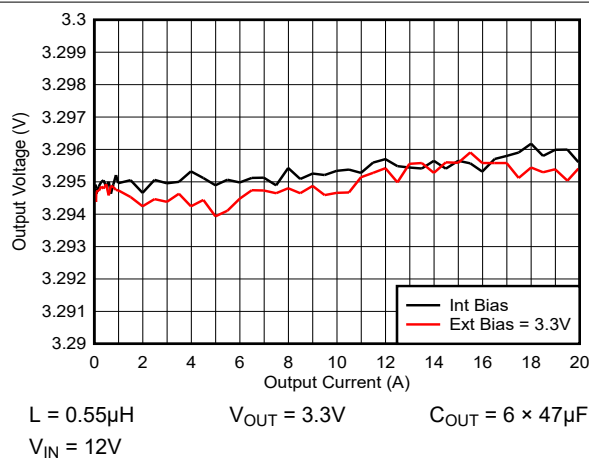


図 9-6. 負荷安定化 - FCCM

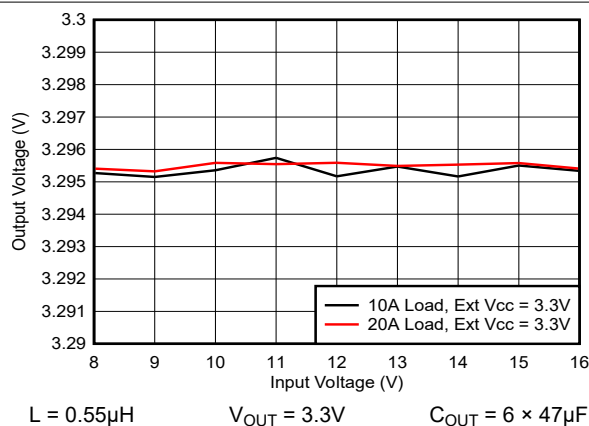
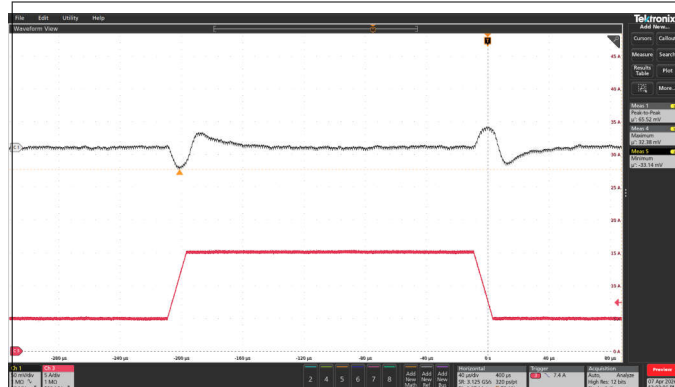
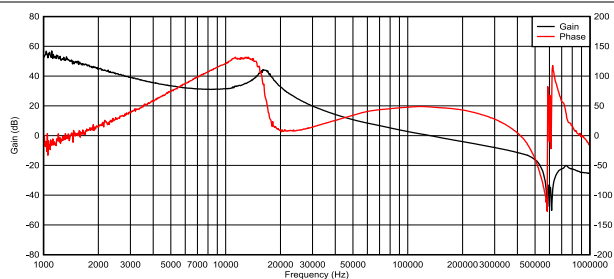


図 9-7. ラインレギュレーション



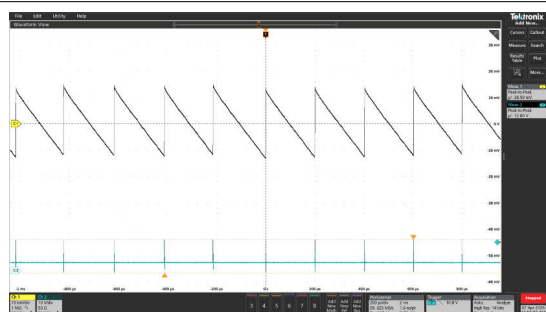
$L = 0.55\mu\text{H}$ $I_{\text{OUT}} = 5\text{A} \sim 15\text{A}$ $C_{\text{OUT}} = 6 \times 47\mu\text{F}$
(1A/ μs)
 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ CH1 = 50mV/div

図 9-8. 負荷過渡



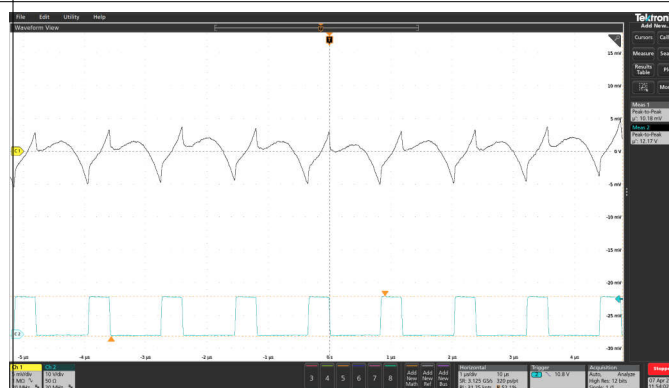
$I_{\text{OUT}} = 10\text{A}$

図 9-9. 周波数応答



$L = 0.55\mu\text{H}$ $I_{\text{OUT}} = 10\text{mA}$ $C_{\text{OUT}} = 6 \times 47\mu\text{F}$
 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$

図 9-10. 出力電圧リップル、PFM モード



$L = 0.55\mu\text{H}$ $I_{\text{OUT}} = 20\text{A}$ $C_{\text{OUT}} = 6 \times 47\mu\text{F}$
 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$

図 9-11. 出力電圧リップル、FCCM モード

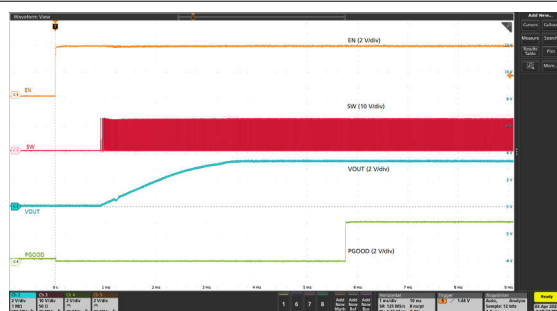


図 9-12. EN によるスタートアップ

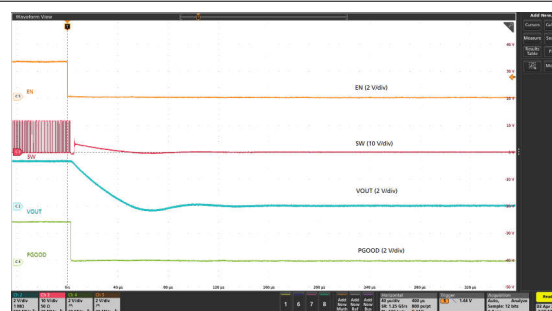


図 9-13. EN によるシャットダウン

9.3 電源に関する推奨事項

デバイスは、4V ~ 16V の入力電源電圧範囲で動作するように設計されています。両方の入力電源 (VIN と VCC バイアス) が適切に調整されている必要があります。入力電源 (VIN および VCC バイアス) の適切なバイパスも、PCB レイアウトや接地方式と同様に、ノイズ性能にとって重要です。[レイアウト](#)の推奨事項を参照してください。

9.4 レイアウト

9.4.1 レイアウトのガイドライン

このデバイスを使用して設計を開始する前に、以下を考慮してください。

- VIN、PGND、および SW のパターンを可能な限り広く配置し、トレースインピーダンスを低減、放熱を改善してください。
- 電源部品 (入力 / 出力コンデンサ、インダクタ、IC を含む) は、PCB の上面に配置します。小信号パターンをノイズの多い電源ラインから遮蔽 / 絶縁するために、少なくとも 1 つのソリッドなグラウンド内部プレーンを挿入します。
- パワー MOSFET の堅牢性を確保するには、VIN デカップリングコンデンサの配置が重要です。各ピン (ピン 4 と 12) に 1 μ F / 25V/0402 セラミック高周波バイパス コンデンサを接続する必要があり、隣接する PGND ピン (それぞれピン 5 とピン 11) に接続します。残りのセラミック入力キャパシタンスは、これらの高周波バイパスコンデンサの隣に配置します。残りの入力キャパシタンスは基板の反対側に配置できますが、IC のピンとコンデンサ間のインピーダンスを最小限に抑えるため、可能な限り多くのビアを使用してください。
- できるだけ多くのビアを PGND ピンの下と近くに配置します。この動作により、寄生インピーダンスが最小限に抑えられ、熱抵抗も低下します。
- 両方の VIN ピンの近くにビアを使用し、内部層を経由してこれらのビア間を低インピーダンスで接続します。各 VIN ピンの下にビアを配置することもできます。
- VCC のデカップリング コンデンサは、PGND (ピン 5) に短い間隔で、デバイスのできるだけ近くに配置します。VCC デカップリング ループが小さくなっていることを確認し、12mil 以上の幅のトレースを使用して接続を配線します。
- BOOT コンデンサを、BOOT ピンと SW ピンのできるだけ近くに配置します。接続には 12mil 以上の幅のトレースを使用します。
- SW ピンとインダクタの高電圧側を接続する PCB トレースは、スイッチ ノードとして定義されます。このスイッチ ノードは、できる限り短く、幅広くする必要があります。
- 外部帰還を使用する場合は、シングルエンド センシングやリモート センシングに関係なく、FB パターンの距離を最小限に抑えるため、常にデバイスの近くに帰還抵抗を配置します。
 - リモート センシングの場合、FB 電圧分割抵抗からリモート ロケーションへの接続は PCB トレースの差動ペアである必要があり、0.1 μ F 以上のバイパス コンデンサを介してケルビン センシングを実装する必要があります。リモート 検出信号のグラウンド接続を GOS 端子に接続する必要があります。リモート センシング信号の V_{OUT} 接続は、下側のフィードバック抵抗を GOS ピンに終端したフィードバック抵抗分周器に接続する必要があります。安定した出力電圧を維持し、リップルを最小限に抑えるには、インダクタや SW ノード、高周波クロック ラインなどのノイズ源から、1 対のリモート検出ラインを離して配置する必要があります。リモート検出ラインのペアを上下のグラウンド プレーンでシールドすることを TI は推奨します。
 - シングルエンド センシングの場合、FB ピンと出力電圧間の上部フィードバック抵抗を 0.1 μ F 以上の高周波ローカル出力バイパス コンデンサに接続し、GOS を AGND に短いトレースで短絡します。
- AGND ピン (ピン 19) をデバイスの下にある PGND ピン (ピン 5 とピン 11) に接続します。
- カップリングを制限するため、PG 信号やその他のノイズの多い信号は、VOS /FB や GOS などのノイズに敏感な信号の近くにアプリケーションで配線しないでください。
- レイアウトの推奨事項については、[レイアウト例](#)を参照してください。

9.4.2 レイアウト例

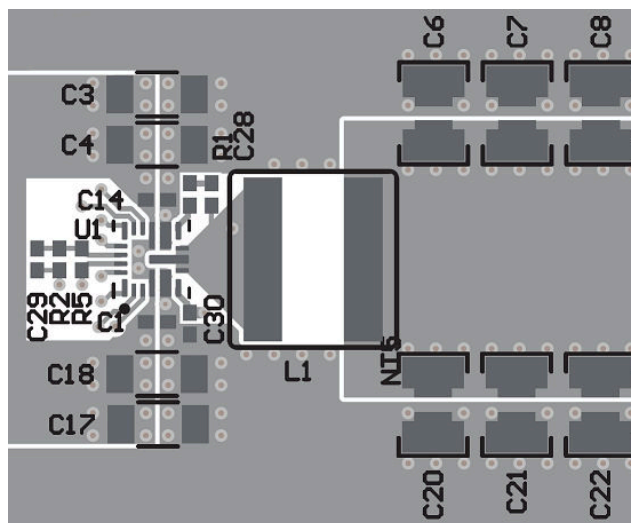


図 9-14. レイアウトに関する推奨事項

詳細なレイアウト例については、『[TPS544B28 降圧コンバータ評価基板 EVM ユーザーガイド](#)』を参照してください。

9.4.3 TI EVM の放熱性能

試験条件: $f_{SW} = 800\text{kHz}$ 、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{CC} = \text{Int LDO}$ 、 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 、 $I_{OUT} = 20\text{A}$ 、インダクタ $L_{OUT} = 0.55\mu\text{H}$ (1.42m Ω 標準値)、 $C_{OUT} = 6 \times 22\mu\text{F}$ (1206/6.3V/X7R)、 R_{BOOT} なし、RC スナバなし

IC 温度: 89.5°C

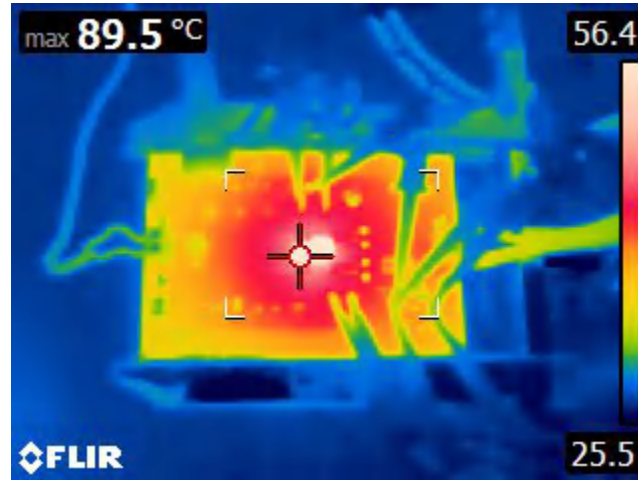


図 9-15. 周囲が 27°C の熱画像

10 デバイスおよびドキュメントのサポート

10.1 ドキュメントのサポート

10.1.1 関連資料

- テキサス インストルメンツ、[フィードフォワード コンデンサ付きの内部的に補正される DC-DC コンバータの過渡応答の最適化アプリケーション ノート](#)
- テキサス インストルメンツ、[ラック サーバーおよびデータセンター アプリケーションにおける VR13.HC 用の非絶縁型 ポイント オブ ロード ソリューションアプリケーション ノート](#)
- テキサス インストルメンツ、[TPS548B23 降圧コンバータ評価基板 EVM ユーザー ガイド](#)
- テキサス インストルメンツ、[降圧コンバータの入力コンデンサの選択方法アナログ設計ジャーナル](#)

10.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、www.tij.co.jp のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

10.3 サポート・リソース

テキサス・インストルメンツ E2E™ サポート・フォーラムは、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インストルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インストルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インストルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

10.4 商標

テキサス・インストルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

PMBus® is a registered trademark of System Management Interface Forum, Inc..

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

10.5 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インストルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

10.6 用語集

[テキサス・インストルメンツ用語集](#) この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

11 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision Preview (January 2026) to Revision A (June 2026)	Page
• ドキュメントのステータスを「事前情報」から「量産データ」に変更.....	1
• 量産データの仕様に基つき、「電気的特性」表と「代表的特性曲線」を更新しました	7
• D-CAP4 制御を更新し、ユーザーが選択可能な内部補正オプションを追加しました	18
• デバイスを分割レール構成で電力供給する場合における、デジタル通信および拡張出力電圧範囲に関する追加情報を追加しました.....	22
• 「出力電圧設定」に、ピンストラップとデジタル インターフェイスによる出力電圧設定の詳細を追加しました	26

• 「スイッチング周波数」に、デジタル インターフェイスによる FREQUENCY_SWITCH および FCCM/PFM に関する説明を追加しました	28
• デジタル インターフェイスを介した VOUT_TRANSITION_RATE 構成の説明を「動的電圧スルー レート」に追加しました	29
• ソフト スタートとソフト ストップで、デジタル インターフェイスを介した TON_RISE 、 TON_DELAY 、 TOFF_FALL 、および TOFF_DELAY の設定に関する説明を追加しました	30
• 「過電圧および低電圧保護」に、固定の OV しきい値と併せて、 OV/UV 故障応答のデジタル設定に関する説明を追加しました	31
• 「電流センスと正の過電流保護」において、デジタル インターフェイスを介した IOUT_OC_FAULT_LIMIT の設定に関する説明を追加しました	34
• 「出力電圧放電」を更新し、ソフト ストップに関連するロジックの詳細を記載しました。	35
• 「テレメトリ」に、出力電圧、出力電流、温度のテレメトリの説明を追加しました	36
• 量産構成を反映するため、デフォルトのレジスタ値と動作を更新しました.....	37
• 明確化のため、レジスタの説明とビットフィールドに詳細を追加しました.....	37

12 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
TPS544B28RBHR	Active	Production	WQFN-HR (RBH) 19	5000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 150	T4B28R
TPS544B28VANR	Active	Production	WQFN-HR (VAN) 19	5000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 150	T4B28V

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

⁽²⁾ **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

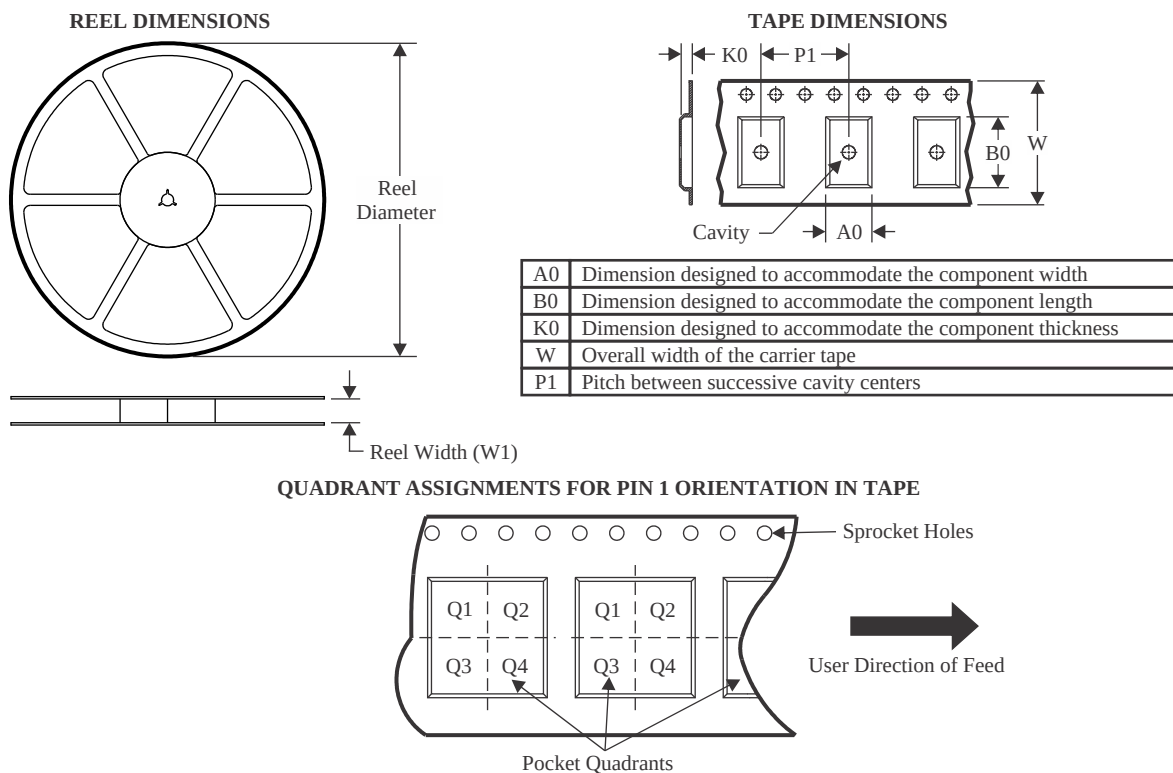
⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

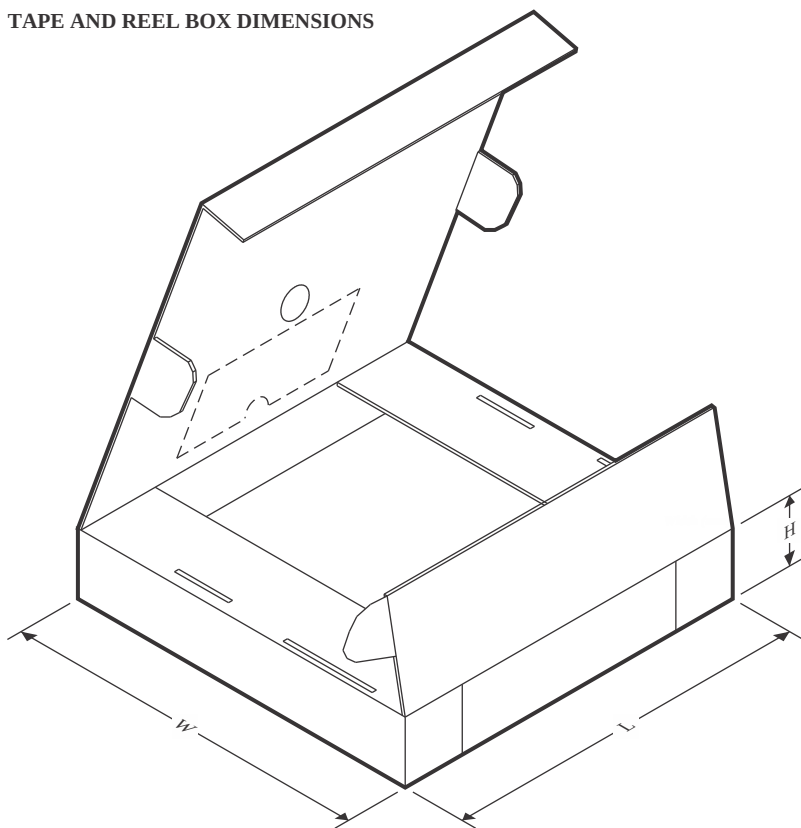
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS544B28RBHR	WQFN-HR	RBH	19	5000	330.0	12.4	3.3	3.8	1.2	8.0	12.0	Q1
TPS544B28VANR	WQFN-HR	VAN	19	5000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

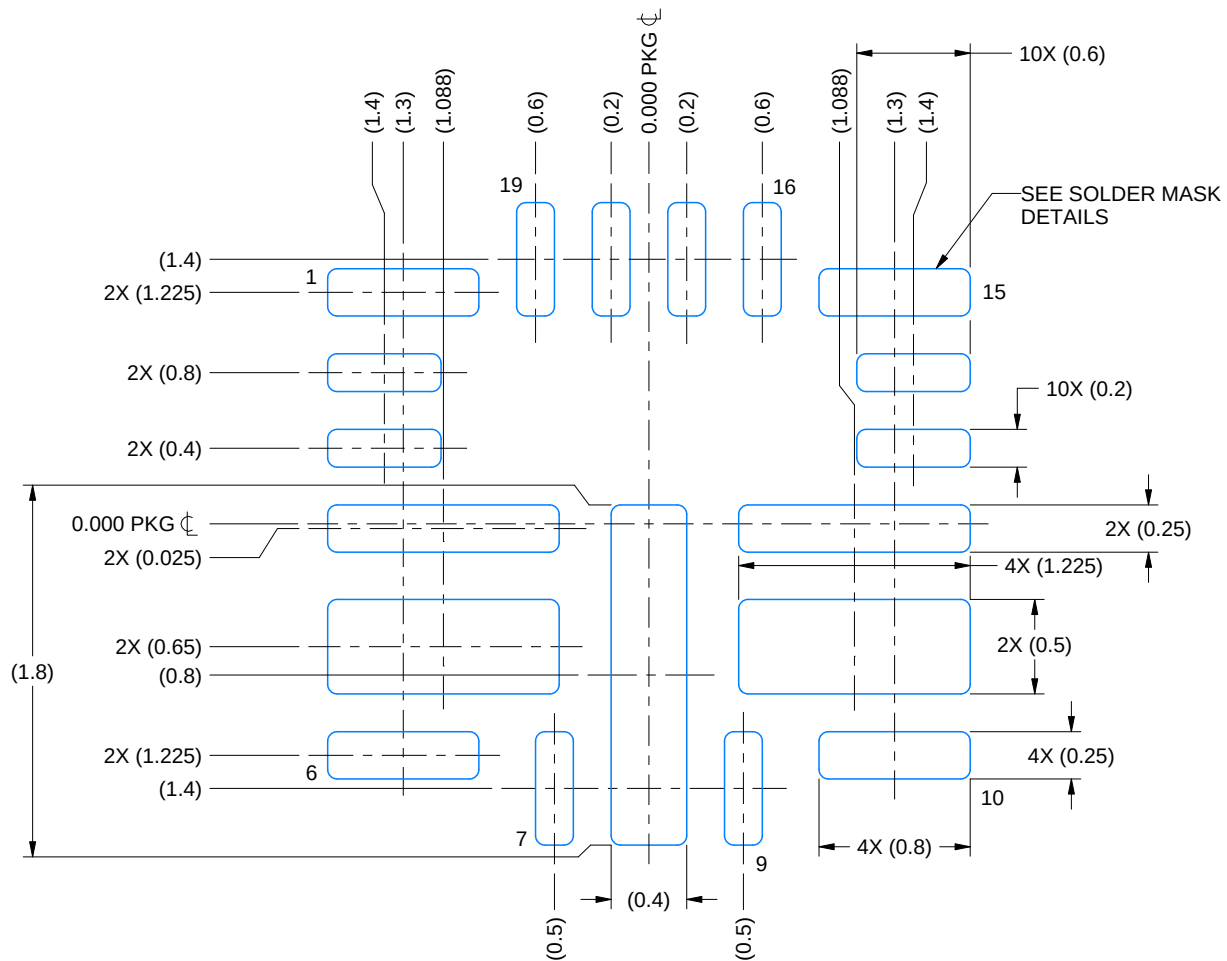
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS544B28RBHR	WQFN-HR	RBH	19	5000	360.0	360.0	36.0
TPS544B28VANR	WQFN-HR	VAN	19	5000	360.0	360.0	36.0

EXAMPLE BOARD LAYOUT

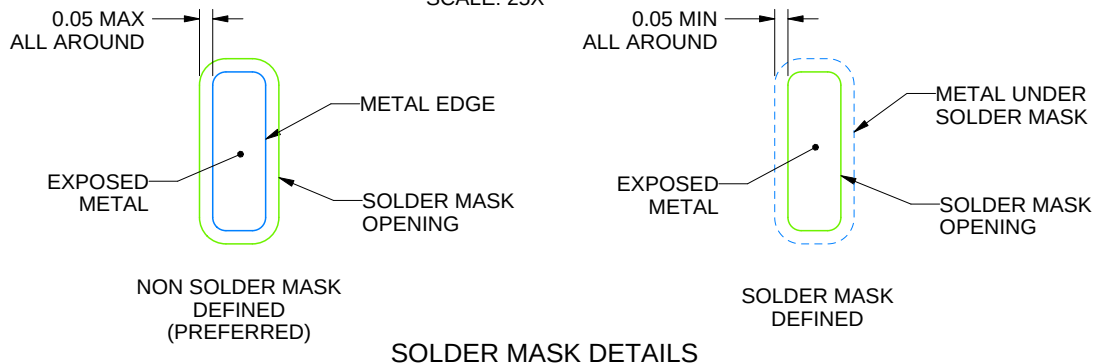
VAN0019A

WQFN-HR - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 25X



4230372/B 04/2025

NOTES: (continued)

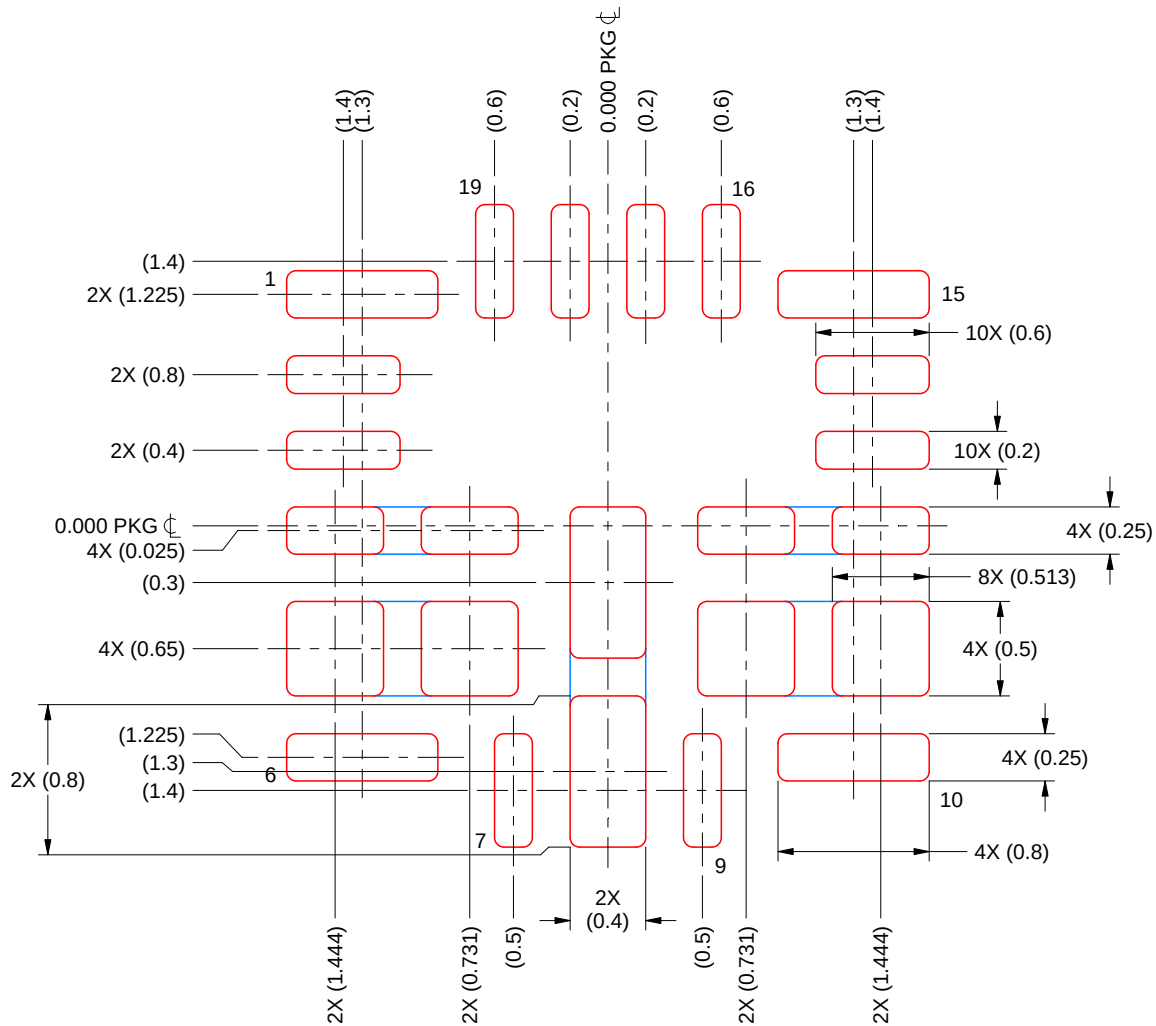
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slue271).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

VAN0019A

WQFN-HR - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



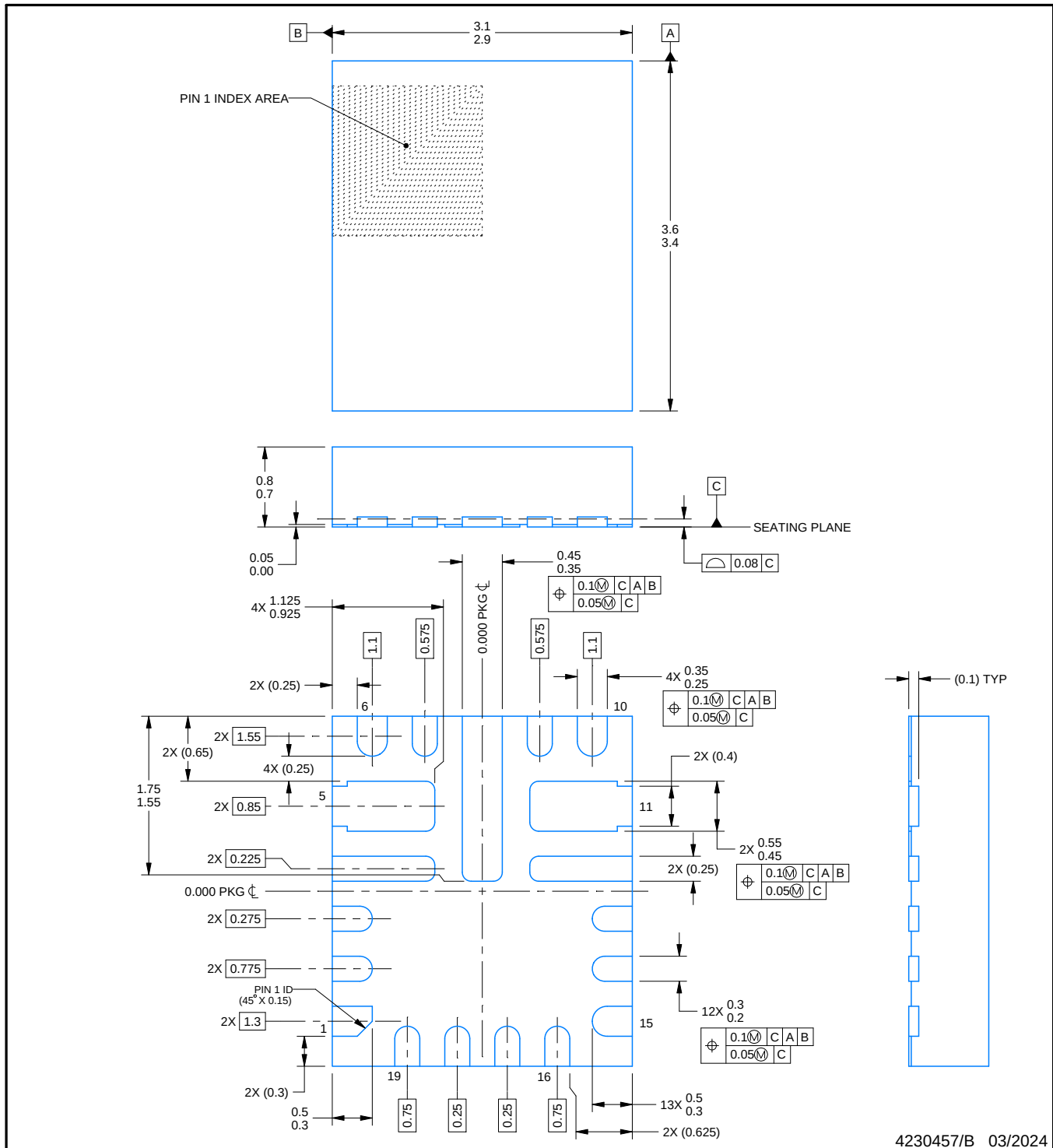
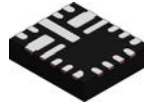
SOLDER PASTE EXAMPLE
 BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
 SCALE: 25X

PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
 PADS 4, 5, 11 & 12: 84%
 PAD 8: 89%

4230372/B 04/2025

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.



NOTES:

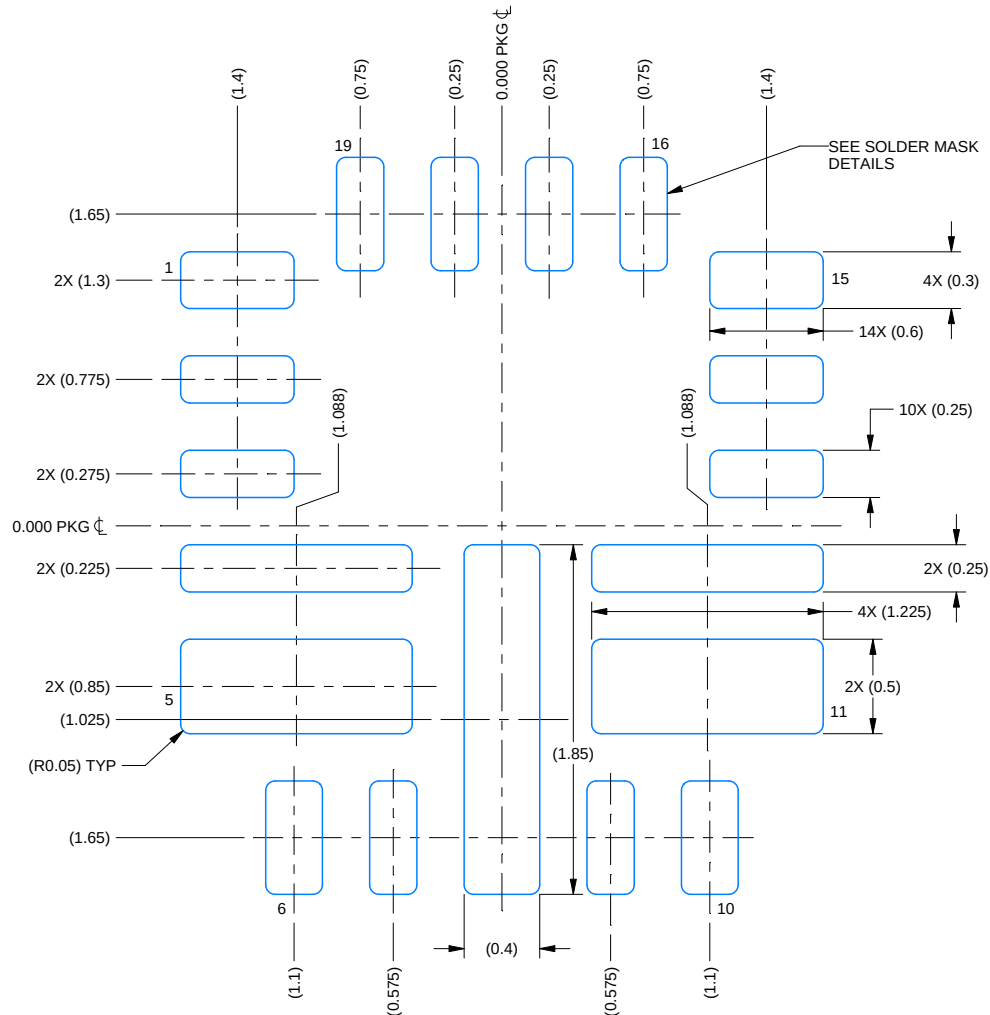
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

RBH0019A

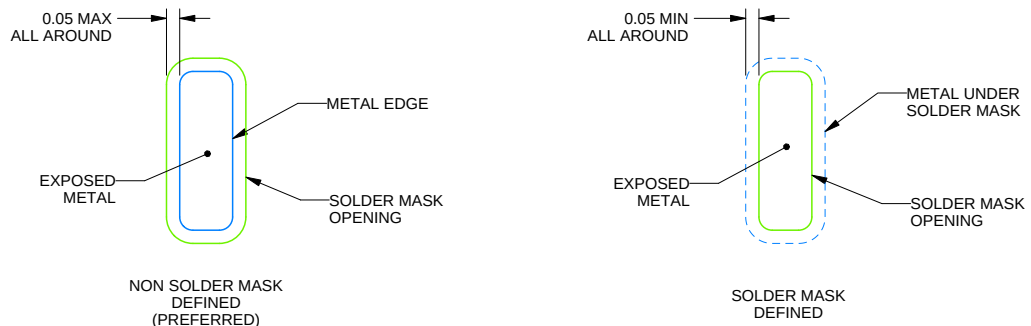
WQFN-HR - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE

EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 25X



SOLDER MASK DETAILS

4230457/B 03/2024

NOTES: (continued)

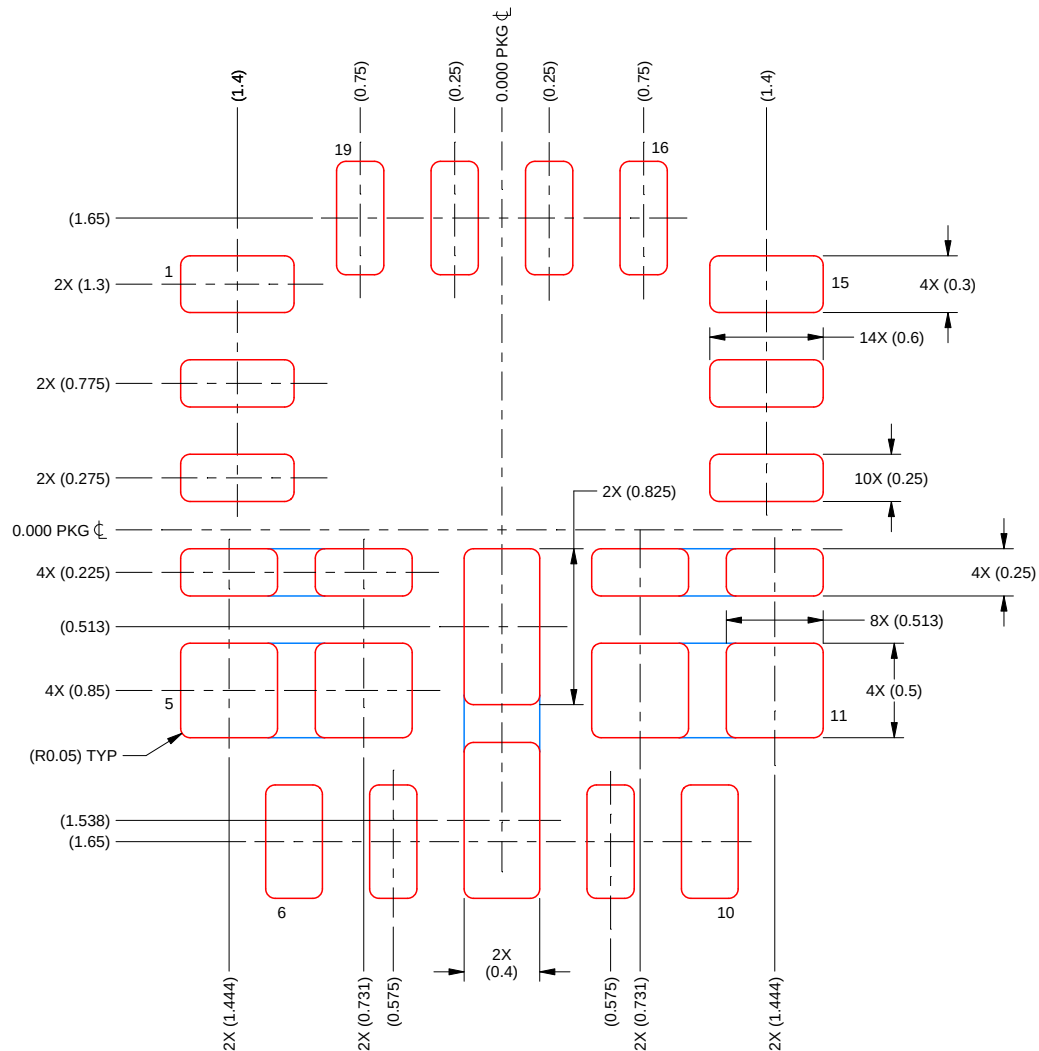
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RBH0019A

WQFN-HR - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE

BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 25X

PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
PADS 4, 5, 11 & 12: 84%
PAD 8: 89%

4230457/B 03/2024

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含みいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月