

TPSM81299 95nA 静止電流、5.5V 昇圧モジュール、入力電流制限および高速過渡性能

1 特長

- 入力電圧範囲: 0.5V ~ 5.5V
- 最小スタートアップ電圧 0.7V
- 信号 $AVIN > 0.7V$ で入力動作電圧 (PVIN) の最小値が 150mV
- 出力電圧範囲: 1.8V ~ 5.5V。入力電流制限が 1.2A 以下のデバイスの場合
- 平均入力電流制限: 5mA、25mA、50mA、100mA、250mA、500mA、1.2A、1.5A (異なるバージョン)
- VOUT への静止電流: 95nA (代表値)
- AVIN へのシャットダウン電流は標準 60nA
- $PVIN = AVIN = 3.6V$ 、 $VOUT = 5V$ 、および $I_{OUT} = 10\mu A$ で最大 88% の効率
- $PVIN = AVIN = 3.6V$ 、 $VOUT = 5V$ 、および $I_{OUT} = 200mA$ で最大 94% の効率
- 高速過渡性能: $PVIN = AVIN = 3.6V$ 、 $VOUT = 5V$ 、 $I_{OUT} = 0A \rightarrow 200mA$ での最大設定時間 8 μs
- EN Low で完全に切り離し
- PFM/PWM モードの自動遷移
- $AVIN > VOUT$ での自動パススルー
- 出力 SCP およびサーマル シャットダウン保護機能
- QFN パッケージ (3mm x 2.7mm x 1.27mm)

2 アプリケーション

- スマート ウォッチ、スマート バンド
- 携帯医療機器
- TWS
- 光学モジュール

3 説明

TPSM81299 ファミリーは、インダクタとコンバータの両方が内蔵された同期昇圧モジュールで、95nA の超低静止電流と平均入力電流制限を提供します。このデバイスは、アルカリ電池とコイン型電池を搭載したポータブル デバイス向けの電源製品を提供します。このデバイスは軽負荷条件での高い効率を特長としており、長い動作時間を実現します。また、平均入力電流制限により、大電流でのバッテリ放電を防止します。

TPSM81299 は、0.5V ~ 5.5V の広い入力電圧レンジと 1.8V ~ 5.5V の出力電圧範囲に対応しています。このデバイスには、5mA から 1.5A までの平均入力電流制限のバージョンが複数用意されています。1.2A の電流制限を持つ TPSM81299 は、3.6V から 5V への変換時に最大 600mA の出力電流をサポートし、200mA の負荷時に約 94% の効率を実現します。

TPSM81299 は、出力電圧が 4.5V、5V、または 5.5V 時の高速負荷過渡性能をオプションで備えています。高速負荷過渡モードで、出力電流が 0A から 200mA へ過渡するときの標準設定時間は 8 μs です。

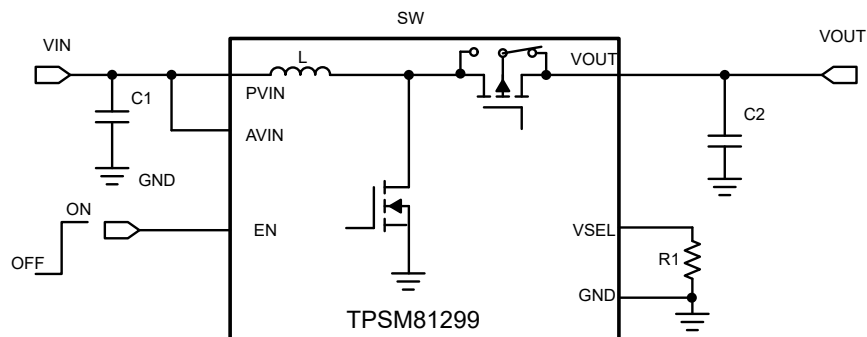
このデバイスは、ディセーブル時の完全なシャットダウン機能をサポートしています。

TPSM81299 は、7 ピン 3mm x 2.7mm QFN パッケージで非常に小型のソリューションを提供します。

パッケージ情報

部品番号	パッケージ (1)	本体サイズ (公称)
TPSM81299	QFN-FCMOD	3mm x 2.7mm

(1) 利用可能なすべてのパッケージについては、データシートの末尾にある注文情報を参照してください。



代表的なアプリケーション



目次

1 特長.....	1	8 アプリケーションと実装.....	17
2 アプリケーション.....	1	8.1 アプリケーション情報.....	17
3 説明.....	1	8.2 代表的なアプリケーション: 通常モードでのリチウム イオン バッテリから 5V への昇圧コンバータ.....	17
4 デバイス比較表.....	3	8.3 電源に関する推奨事項.....	20
5 ピン構成および機能.....	4	8.4 レイアウト.....	20
6 仕様.....	5	8.5 熱に関する情報.....	21
6.1 絶対最大定格.....	5	9 デバイスおよびドキュメントのサポート.....	22
6.2 ESD 定格.....	5	9.1 デバイス サポート.....	22
6.3 推奨動作条件.....	5	9.2 ドキュメントのサポート.....	22
6.4 熱に関する情報.....	5	9.3 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	22
6.5 電気的特性.....	6	9.4 サポート・リソース.....	22
6.6 代表的特性.....	8	9.5 商標.....	22
7 詳細説明.....	10	9.6 静電気放電に関する注意事項.....	22
7.1 概要.....	10	9.7 用語集.....	22
7.2 機能ブロック図.....	10	10 改訂履歴.....	22
7.3 機能説明.....	11	11 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....	23
7.4 デバイスの機能モード.....	16		

4 デバイス比較表

部品番号	平均入力電流制限	出力電圧範囲
TPSM81299	1.2A	1.8V ~ 5.5V
TPSM812991 ⁽¹⁾	5mA	1.8V ~ 5.5V
TPSM812992 ⁽¹⁾	25mA	1.8V ~ 5.5V
TPSM812993 ⁽¹⁾	50mA	1.8V ~ 5.5V
TPSM812994 ⁽¹⁾	100mA	1.8V ~ 5.5V
TPSM812995 ⁽¹⁾	250mA	1.8V ~ 5.5V
TPSM812996 ⁽¹⁾	500mA	1.8V ~ 5.5V
TPSM812997 ⁽¹⁾	1.5A	1.8V ~ 5.0V

(1) 製品プレビュー詳細は テキサス・インスツルメンツまでお問い合わせください。

5 ピン構成および機能

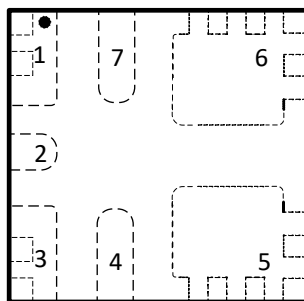


図 5-1. TPSM81299 QFN パッケージ、7 ピン (上面図)

表 5-1. ピンの機能

端子		I/O	説明
番号	名称		
1	VSEL	I	昇圧出力電圧の選択ピン。このピンとグラウンドとの間に抵抗を接続して、21 の出力電圧のいずれかを選択します。
2	VOUT	PWR	昇圧コンバータ出力
3	GND	PWR	グラウンド
4	AVIN	I	IC 信号電源入力
5	PVIN	PWR	IC 電源入力
6	SW	PWR	内部のコンバータのスイッチピンは、内部ローサイドパワー MOSFET のドレイン、内部ハイサイド パワー MOSFET のソース、モジュール内のインダクタに接続されています。
7	EN	I	イネーブル論理入力。High にすると、デバイスがイネーブルになります。Low にすると、デバイスがディセーブルになります。

6 仕様

6.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り) ⁽¹⁾

		最小値	最大値	単位
電圧	PVIN、AVIN、VOUT、SW、EN、VSEL	-0.3	6.5	V
	10 ns での SW スパイク	-0.7	8	V
	1 ns での SW スパイク	-0.7	10	V
T _J	動作時の接合部温度	-40	150	°C
T _{stg}	保存温度	-65	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)	人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 に準拠、すべてのピン ⁽¹⁾	±2000	V
	デバイス帯電モデル (CDM)、JEDEC 規格 JESD22-C101 準拠、すべてのピン ⁽²⁾	±500	

- (1) JEDEC ドキュメント JEP155 には、500V HBM であれば標準的な ESD 管理プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています。[次の文はオプション、wiki を参照。]必要な予防措置を講じれば、HBM は 500V 未満の許容差で製造できます。
- (2) JEDEC ドキュメント JEP157 には、250V CDM であれば標準的な ESD 管理プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています。[次の文はオプション、wiki を参照。]必要な予防措置をとれば、CDM の ESD 耐圧が 250V 未満でも製造可能です。

6.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

		最小値	公称値	最大値	単位
PVIN	電力入力電圧	0.5		5.5	V
AVIN	信号入力電圧	0.5		5.5	V
V _{OUT}	入力電流制限が 1.2A 以下のデバイスの昇圧出力電圧	1.8		5.5	V
V _{OUT}	昇圧出力電圧、1.5A 入力電流制限付きデバイスの場合	1.8		5.0	V
C _{IN}	VIN ピンの実効入力容量	2.2			μF
C _{OUT}	VOUT ピンの実効出力容量、出力電流 1A 未満の場合		10		μF
C _{OUT}	VOUT ピンの実効出力容量。入力電流制限が 1.5A、出力電流が 1A を超えるデバイスの場合		20		μF
T _J	接合部温度	-40		125	°C

6.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		TPSM81299	TPSM81299	単位
		QFN	QFN	
		標準	EVM	
R _{θJA}	接合部から周囲への熱抵抗	63.2	56.1	°C/W
R _{θJC(top)}	接合部からケース (上面) への熱抵抗	53.6	該当なし	°C/W
R _{θJB}	接合部から基板への熱抵抗	24.4	該当なし	°C/W

6.4 熱に関する情報 (続き)

熱評価基準 ⁽¹⁾		TPSM81299	TPSM81299	単位
		QFN	QFN	
		標準	EVM	
Ψ_{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	13.1	14.1	°C/W
Ψ_{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	24.3	29.6	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	接合部からケース (底面) への熱抵抗	該当なし	該当なし	°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 レポートを参照してください。

6.5 電気的特性

$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$, $P_{VIN} = A_{VIN} = 3.6\text{V}$ および $V_{OUT} = 5.0\text{V}$. 標準値は $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 時に測定 (特に記述のない限り)

パラメータ		バージョン	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
電源							
AVIN	信号入力電圧範囲	TPSM81299	PVIN = AVIN	0.5		5.5	V
V _{IN_UVLO}	低電圧誤動作防止のスレッシュホールド	TPSM81299	AVIN 立ち上がり、PVIN オープン			0.7	V
V _{IN_UVLO}	低電圧誤動作防止のスレッシュホールド	TPSM81299	AVIN 立ち下がり、PVIN オープン			0.5	V
I _Q	AVIN ピンへの静止電流	TPSM81299	IC イネーブル、無負荷、AVIN = 3.6V、PVIN = 3.6V、スイッチングなし、T _J 最大 85°C		0.5		nA
I _Q	VOUT ピンへの静止電流	TPSM81299	IC イネーブル、無負荷、スイッチングなし、T _J 最大 85°C		95	300	nA
I _{SD}	AVIN ピンへのシャットダウン電流	TPSM81299	EN = LOW、PVIN = 3.6V、AVIN = 3.6V、VOUT = 0V		60		nA
I _{LKG_SW}	SW ピンへのリーク電流 (SW ピンから VOUT ピン)	TPSM81299	AVIN = 3.6V、PVIN = 0、VSW = 3.0V、V _{OUT} = 0V、T _J = 25°C		1	4	nA
I _{LKG_SW}	SW ピンへのリーク電流 (SW ピンから VOUT ピン)	TPSM81299	AVIN = 3.6V、PVIN = 0、VSW = 3.0V、V _{OUT} = 0V、T _J 最大 85°C		1	20	nA
I _{LKG_SW}	SW ピンへのリーク電流 (SW ピンから GND ピン)	TPSM81299	AVIN = 3.6V、PVIN = 0、VSW = 3.0V、V _{OUT} = 0V、T _J = 25°C		1	15	nA
I _{LKG_SW}	SW ピンへのリーク電流 (SW ピンから GND ピン)	TPSM81299	AVIN = 3.6V、PVIN = 0、VSW = 3.0V、V _{OUT} = 0V、T _J 最大 85°C		1	200	nA
出力							
V _{OUT}	出力電圧設定範囲	すべて		1.8		5.5	V
V _{OUT_ACY}	出力電圧精度	すべて	PWM、PFM モード	-2		2	%
V _{OUT_SNOOZE_ACY}	出力電圧精度	すべて	通常モード		V _{OUT_ACY} + 37.5mV		V
			高速モード		V _{OUT_ACY} + 15mV		V
パワー スイッチ							
R _{DS(on)}	ハイサイド MOSFET オン抵抗	TPSM81299	V _{OUT} = 5.0V		150		mΩ
R _{DS(on)}	ローサイド MOSFET オン抵抗	TPSM81299	V _{OUT} = 5.0V		121		mΩ
I _{LIM}	入力電流制限	TPSM81299	AVIN = PVIN = 3.6V、V _{OUT} = 5.0V	0.96	1.2	1.44	A

6.5 電気的特性 (続き)

$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 、 $P_{VIN} = A_{VIN} = 3.6\text{V}$ および $V_{OUT} = 5.0\text{V}$. 標準値は $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 時に測定 (特に記述のない限り)

パラメータ		バージョン	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
I_{LH}	インダクタ電流リップル	TPSM81299			350		mA
L	電力インダクタンスを内包します	TPSM81299			1		μH
アプリケーション							
ロジック インターフェイス							
V_{EN_H}	EN のロジック High のスレッショルド	すべて	$A_{VIN} \geq 1.05\text{V}$			0.84	V
V_{EN_L}	EN のロジック Low のスレッショルド	すべて	$A_{VIN} \geq 1.05\text{V}$	0.36			V
V_{EN_H}	EN のロジック High のスレッショルド	すべて	$A_{VIN} < 1.05\text{V}$			$0.8 \cdot V_{IN}$	V
V_{EN_L}	EN のロジック Low のスレッショルド	すべて	$A_{VIN} < 1.05\text{V}$	$0.2 \cdot V_{IN}$			V
I_{EN_LKG}	EN ピンへのリーク電流	すべて	$V_{EN} = 5\text{V}$		1	50	nA
R_{EN}	EN ピンのプルダウン抵抗	すべて	$EN = \text{Low}$		800		k Ω
PROTECTION							
T_{SD}	サーマル シャットダウンのスレッショルド		T_J 立ち上がり		150		$^{\circ}\text{C}$
T_{SD_HYS}	サーマル シャットダウン ヒステリシス		T_J が T_{SD} を下回る		20		$^{\circ}\text{C}$

6.6 代表的特性

PVIN と AVIN が互いに接続され、 V_{IN} 、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、通常モード、 $T_J = 25^\circ C$ 、特に記述のない限り

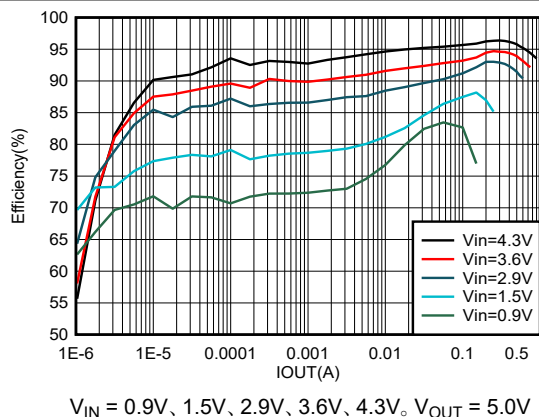


図 6-1. 通常モードにおける異なる入力での 5.0V VOUT の効率

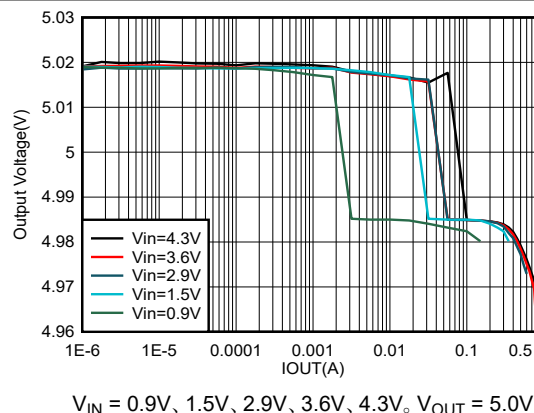


図 6-2. 通常モードにおける異なる入力での 5.0V VOUT のロードレギュレーション

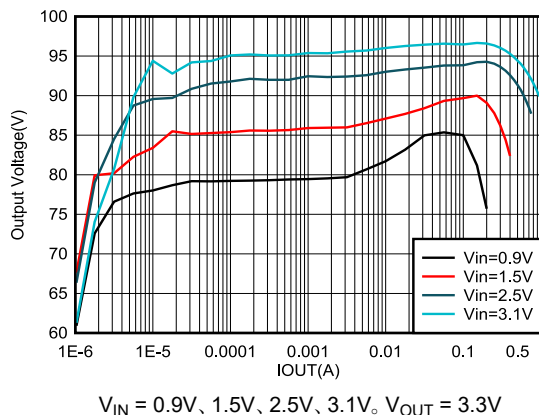


図 6-3. 通常モードにおける異なる入力での 3.3V VOUT の効率

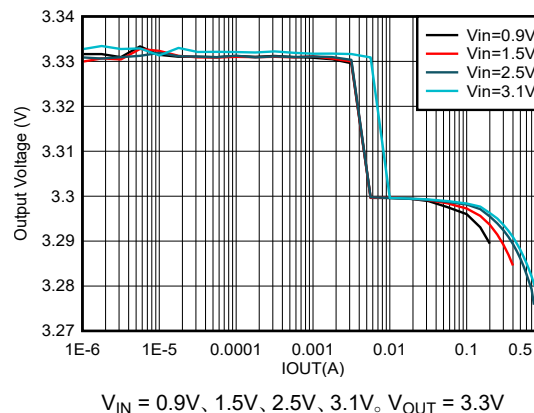


図 6-4. 通常モードにおける異なる入力での 3.3V VOUT のロードレギュレーション

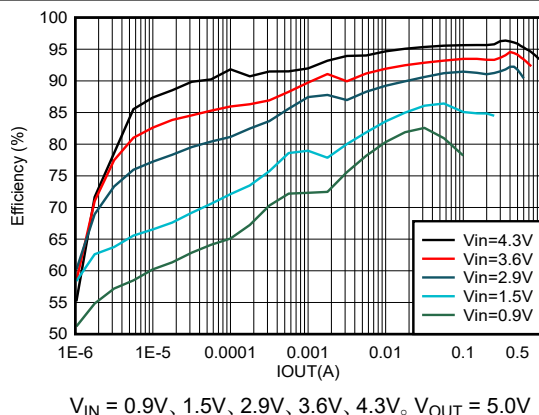


図 6-5. 高速モードにおける異なる入力での 5.0V VOUT の効率

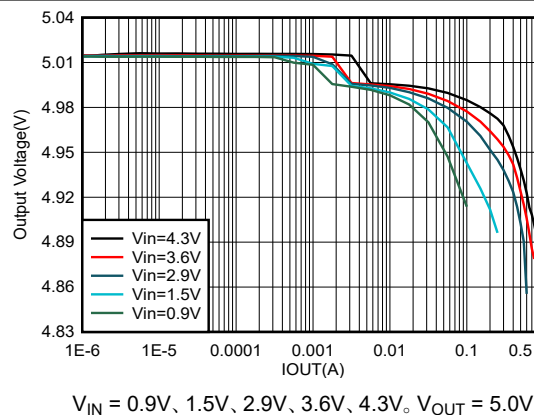
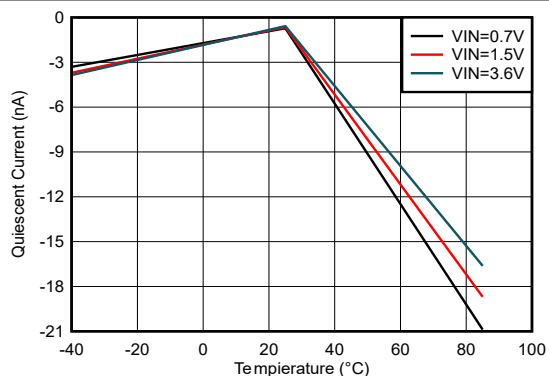


図 6-6. 高速モードにおける異なる入力での 5.0V VOUT のロードレギュレーション

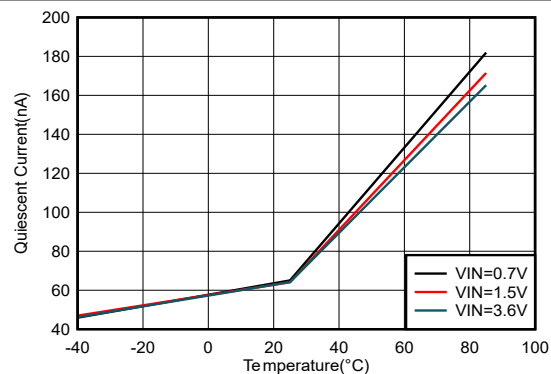
6.6 代表的特性 (続き)

PVIN と AVIN が互いに接続され、 V_{IN} 、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、通常モード、 $T_J = 25^\circ C$ 、特に記述のない限り



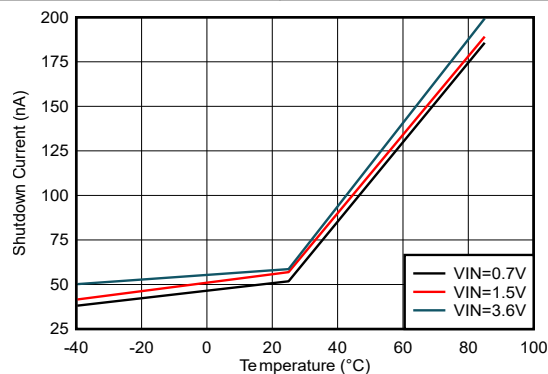
$V_{IN} = 0.7V, 1.5V, 3.6V$ 。 $V_{OUT} = 5.0V$ 、スイッチングなし

図 6-7. AVIN への静止電流と温度との関係



$V_{IN} = 0.7V, 1.5V, 3.6V$ 。 $V_{OUT} = 5.0V$ 、スイッチングなし

図 6-8. VOUT への静止電流と温度との関係



$V_{IN} = 0.7V, 1.5V, 3.6V$ 。 $V_{OUT} = 5.0V$

図 6-9. AVIN へのシャットダウン電流と温度との関係

7 詳細説明

7.1 概要

TPSM81299x は同期昇圧モジュールであり、ヒステリシス電流制御方式で動作します。TPSM81299x は、0.5V ~ 5.5V (起動時の上昇電圧は 0.7V) の広い入力電圧範囲を備えています。TPSM81299x はわずか 95nA の静止電流を消費し、軽負荷状態でも高い効率を実現します。

TPSM81299 デバイスには、1.2A の入力電流制限があります。TPSM81299x ファミリーには、5mA ~ 1.5A の範囲の入力電流制限機能があります。入力電流制限が 1.2A 以下のデバイスでは、1.8V ~ 5.5V の範囲の出力電圧を設定できます。1.5A バージョンのデバイスの場合、Vout を 1.8V ~ 5.0V に設定することを推奨します。

TPSM81299x には、さまざまなシステム用に、高速過渡性能モードと正確なロードレギュレーションモードがあります。

7.2 機能ブロック図

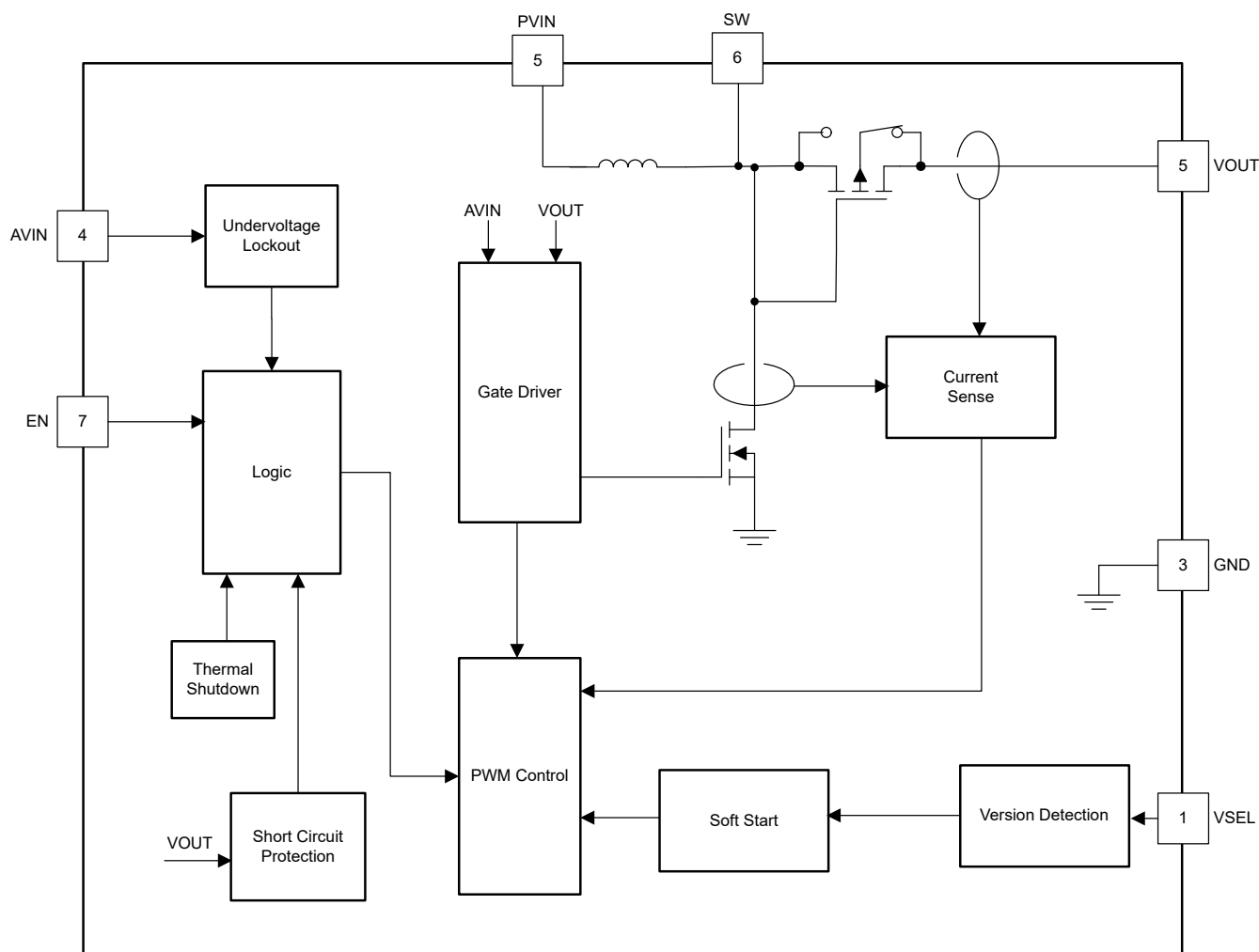


図 7-1. 機能ブロック図

7.3 機能説明

7.3.1 昇圧制御動作

TPSM81299 昇圧モジュールは、ヒステリシス電流モード コントローラで制御されます。このコントローラは、インダクタ リップル電流を **350mA** の範囲で一定に保ち、このインダクタのバレー電流を出力負荷に応じて調整することで、出力電圧をレギュレートします。入力電圧、出力電圧、インダクタ値のすべてがインダクタリップル電流の立ち上がり / 立ち下がり勾配に影響を与えるため、スイッチング周波数は固定されず、動作条件によって決定されます。必要な平均入力電流がこの一定リップルによって定義される平均インダクタ電流よりも小さい場合、軽負荷状況でも高効率を維持するため、インダクタ電流は不連続になります。負荷電流がさらに減少すると、昇圧モジュールはバースト モードに移行します。バースト モードでは、昇圧モジュールは数回のスイッチング サイクルで出力電圧を上昇させます。出力電圧がスレッシュホールドの設定 (通常モードでは $V_{out_target} + 50mV$ 、高速負荷過渡モードでは $V_{out_target} + 25mV$) を超えると、デバイスはスイッチングを停止して、スリープ ステータスに移行します。スリープ ステータスでは、静止電流が **95nA** になります。出力電圧がスレッシュホールドの設定 (通常モードでは $V_{out_target} + 25mV$ 、高速負荷過渡モードでは $V_{out_target} + 10mV$) を下回ると、昇圧モジュールはスイッチングを再開します。出力電流がこのモードの対応範囲外になると、デバイスはバースト モードを終了します。

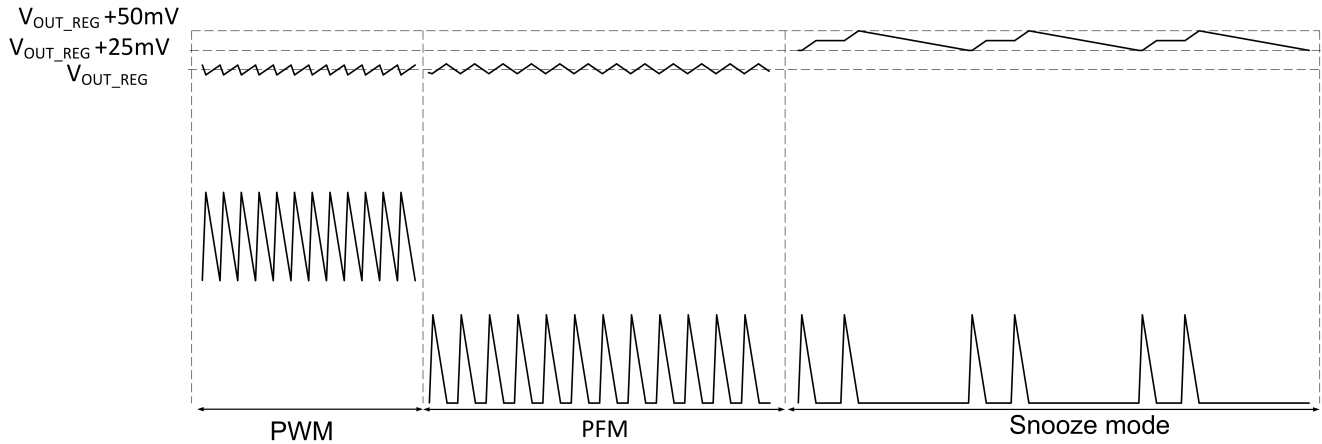


図 7-2. さまざまな負荷での制御モード

7.3.2 バージョン検出

TPSM81299 は、VSEL ピンとグランドとの間に抵抗を接続することで、21 の内部出力電圧設定オプションをサポートしています。

スタートアップ時に、出力電圧が 1.8V に近づくと、デバイスは VSEL ピンの構成条件の検出を開始します。TPSM81299 は、10μs のクロックで、抵抗設定を低いオプションから高いオプションまで変化させて VSEL ピンの構成を検出します。構成が検出されると、TPSM81299 は設定出力レギュレーション電圧をラッチします。

動作中 TPSM81299 は VSEL ピンを検出しないため、動作中に抵抗を変更しても VSEL 設定は変更されません。設定を更新する方法の 1 つは、動作中に EN ピンを切り替えることです。

正常に動作させるには、VSEL 抵抗精度を 1% に、寄生容量を 10pF 未満に設定することを推奨します。

表 7-1. VSEL ピン構成

抵抗 (kΩ)	VOUT_REG (V)	抵抗 (kΩ)	VOUT_REG (V)	抵抗 (kΩ)	VOUT_REG (V)	抵抗 (kΩ)	VOUT_REG (V)
0 (GND)	3.3	12.1	4.5	49.9	3.6	191	2.5
3.01	5.5	14.7	4.5 (高速)	75	3.5	237	2.2
4.75	5.5 (高速)	18.2	4.3	100	3.2	294	2
6.19	5.2	22.6	4	124	3	365	1.8
7.87	5	28.7	3.8	154	2.8	442/ VOUT ピン	5 (高速)
9.76	4.8						

7.3.3 低電圧誤動作防止

TPSM81299 には低電圧誤動作防止 (UVLO) 回路が内蔵されており、デバイスの正常な動作を確保しています。入力電圧が UVLO 上昇しきい値 0.7V を超えると、TPSM81299 は出力電圧をブーストできるようになります。TPSM81299 が起動し、出力電圧が 1.8V を上回った後、TPSM81299 は最低 0.5V の入力電圧で動作します。

7.3.4 スイッチング周波数

TPSM81299 昇圧モジュールには固定の周波数はなく、インダクタリップル電流を 350mA の範囲内で一定に維持するため、周波数は動作条件によって決定されます。入力 3.6V、出力 5V、インダクタ 1μH の場合の周波数は約 3MHz です。効率を計算するために参照してください。連続電流モードでの推定スイッチング周波数 f は、式 1 を使用して計算されます。スイッチング周波数は一定の値ではなく、インダクタンス、入力電圧、出力電圧によって決定されます。

$$f = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN} \times \eta)}{L \times I_{LH} \times V_{OUT}} \quad (1)$$

ここで、

- L はインダクタ値で、通常はモジュールで 1μH です
- V_{IN} は電源入力電圧です
- V_{OUT} は出力電圧です。
- I_{LH} はインダクタの電流リップル、通常は 350mA です
- η は変換効率です

7.3.5 平均入力電流制限

TPSM81299 は、入力平均電流保護 (OCP) 機能を採用しています。インダクタの平均電流が電流制限スレッショルド $ILIM$ に達すると、制御ループがインダクタの平均電流を制限します。この場合、入力と出力の間の電力バランスが達成されるまで、出力電圧は低下します。出力が入力電圧を下回ると、TPSM81299 はダウン モードに移行します。出力が 1.6V を下回ると、TPSM81299 は再びスタートアップ プロセスを開始します。パススルー動作では、入力電流制限機能はイネーブルになりません。

7.3.6 イネーブルおよびディセーブル

入力電圧が UVLO 立ち上がりスレッショルドを上回り、EN ピンが High になると、TPSM81299 がイネーブルになります。EN ピンが Low になると、TPSM81299 は完全なシャットダウン モードに移行します。完全なシャットダウン モードでは、デバイスはスイッチングを停止し、ハイサイド MOSFET が完全にオフになり、入力と出力の間の接続が完全に切断されます。シャットダウン モードで消費される入力電流は 60nA 未満です。

7.3.7 ソフト スタートのタイミング制御

EN ピンが高電圧に接続されると、TPSM81299 は起動を開始し、[図 7-3](#) を参照してプロセス プロファイルを確認します。システム設計を行う際は、ソフトスタート プロセス中に入力電流制限値が定義された値とわずかに異なる可能性があることに注意してください。

出力電圧が 0.5V を下回ると、TPSM81299 は短絡保護モードで動作します。このとき、電流制限は約 20mA になり、電力損失を緩和します。出力電圧が 0.5V を超えて上昇し、1.8V に達するまでに、デバイスは不連続導通モード (DCM) と連続導通モード (CCM) の境界で動作します。その結果、この段ではインダクタのピーク電流は 350mA 付近に制限され、平均インダクタ電流は 80mA に制限されます。出力電圧が 1.8V に上昇すると、TPSM81299 は VSEL ピンの出力電圧構成を検出し、その構成をラッチします。バージョン検出時間は VSEL ピンの抵抗値によって異なり、抵抗が大きいほどバージョン検出時間は長くなります。たとえば、5V の通常バージョンの場合、TPSM81299 はバージョン検出に約 170μs を必要とします。バージョン検出後、TPSM81299 はスイッチングを継続し、出力電圧はさらに上昇します。内部ソフト スタート時間は約 1.3ms で、出力のソフト スタート時間は出力容量、負荷条件、構成条件によって異なります。バージョン検出段後の平均入力電流制限値は、TPSM81299 ファミリのデバイスではわずかに異なります。入力電流制限が高いバージョンのデバイスに関しては、スタートアップ時の突入電流を低減するため、出力電圧が 2.5V を下回り、1.8V を超えると、実際の平均インダクタ電流制限は定義された入力電流制限よりもさらに小さくなります。たとえば、TPSM81299 および TPSM812997 は、500mA よりもインダクタの平均電流を制限し、TPSM812996 は、出力電圧が 1.8V ~ 2.5V の範囲内のとき、インダクタの平均電流を 250mA より低く制限します。出力電圧が 2.5V まで上昇すると、入力電流制限は通常の設定値に戻ります。TPSM81299 は 1.2A に戻り、TPSM812996 は 500mA に戻り、TPSM812997 は 1.5A に戻ります。低入力電流制限バージョン TPS612991/2/3/4/5 では、出力電圧が 1.8V を超えると、入力電流制限は定義された値と同じになります。通常、デバイスは起動時に DCM で動作します。

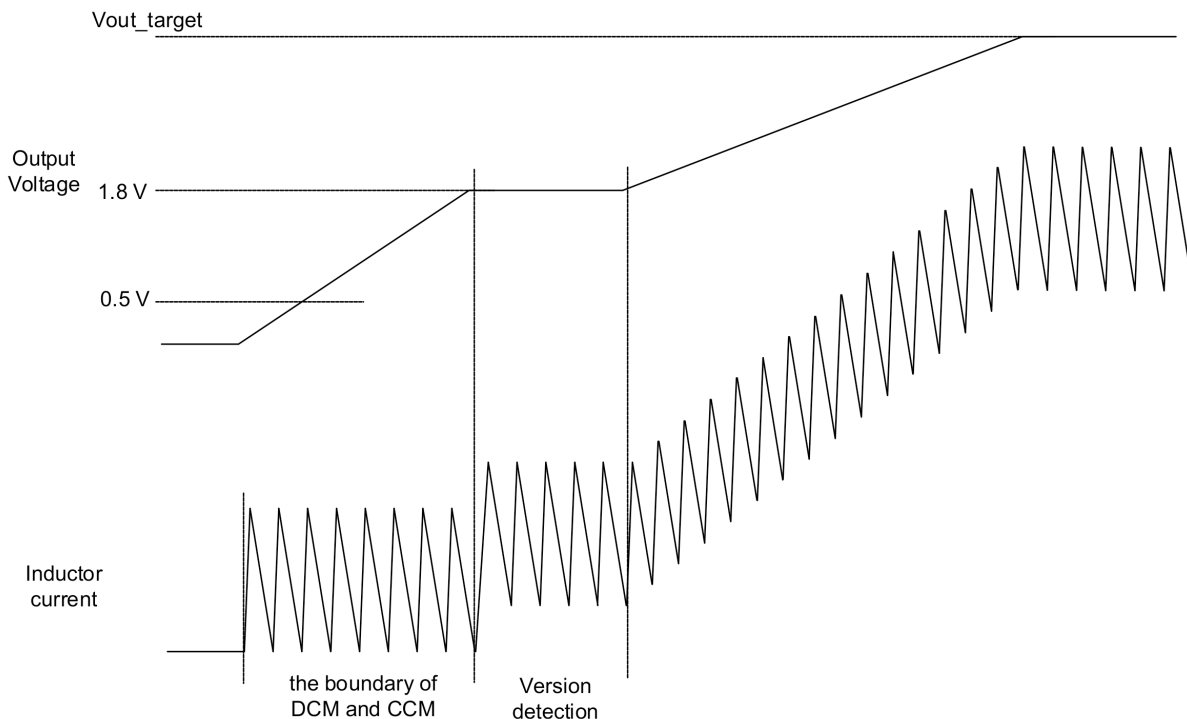


図 7-3. ソフト スタートのタイミング制御

7.3.8 ダウン モード

スタートアップ中、入力電圧が出力電圧より高い場合、TPSM81299 はダウン モードで動作し、スイッチングを維持します。ダウン モードでは、整流 PMOS のゲートはグランドではなく入力電圧が印加されます。これにより、PMOS 両端の電圧降下出力電圧をレギュレートするのに十分な大きさに増加します。ハイサイド PMOS は飽和領域で動作するため、昇圧モードよりも効率ははるかに低くなります。このモードでは電力損失も増加するため、それを熱を考慮する際に含める必要があります。ダウン モードではさらに、電流制限も TPSM81299 では 20%、TPSM812994 では 40% 減少します。

7.3.9 パススルー動作

TPSM81299 は、入力電圧が出力電圧に近くなった場合、または出力電圧より高くなった場合、ダウン モードおよびパススルー モードで動作します。

ダウン モード動作では、入力電圧が出力電圧より高い場合でも、出力電圧は目標電圧にレギュレートされます。制御回路は、整流 P チャネル PMOS のゲートにグランドではなく入力電圧を印加することで、整流 P チャネル PMOS の動作を変化させます。これにより、P チャネル PMOS 両端の電圧降下出力電圧をレギュレートするのに十分な大きさに増加します。

パススルー モードでは、TPSM81299 はスイッチングを停止し、ハイサイド P チャネル MOSFET をオンにします。出力電圧は、入力電圧からインダクタの DCR と P チャネル MOSFET のオン抵抗 ($R_{DS(on)}$) 間の電圧降下を減算した値になります。パススルー動作では、入力電流制限機能、逆電流保護、サーマル シャットダウンはディセーブルになります。

入力電流制限が 250mA バージョン以上で、入力電圧が上昇して、 $AVIN > VOUT - 35mV$ になると、デバイスはダウン モードに移行します。デバイスは $AVIN > VOUT + 100mV$ になるまでダウン モードで動作し、その後自動的にパススルー動作に移行します。パススルー動作では、出力電圧は入力電圧に追従します。出力電圧が設定目標電圧よりも 75mV を超えて下回ると、TPSM81299 はパススルー動作を終了し、昇圧モードに戻ります。

入力電流制限が 100mA バージョン以下で、入力電圧が上昇して、 $AVIN > VOUT - 35mV$ (V_{boost_down}) になると、デバイスはダウン モードに移行します。デバイスは $V_{in} AVIN > VOUT + 38mV$ (V_{down_pass}) になるまでダウン モードで動作し、その後自動的にパススルー動作に移行します。パススルー動作では、出力電圧は入力電圧に追従します。出力

電圧が設定目標電圧よりも 78mV (V_{pass_boost}) を超えて下回ると、TPSM81299 はパススルー動作を終了し、昇圧モードに戻ります。

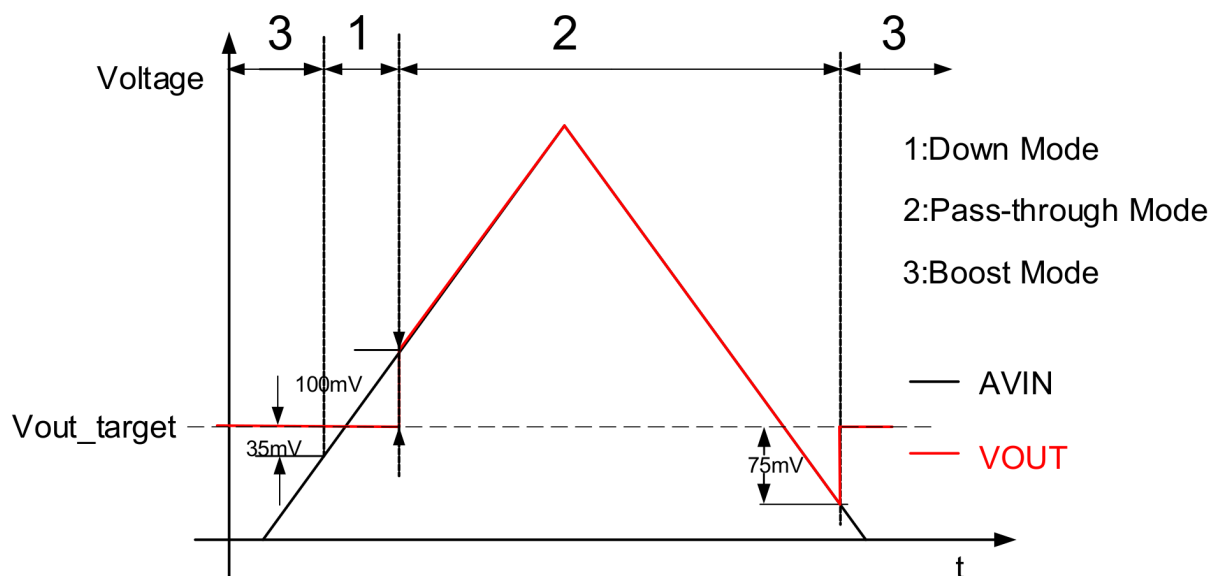


図 7-4. 250mA 以上の入力電流制限バージョンでのモード遷移

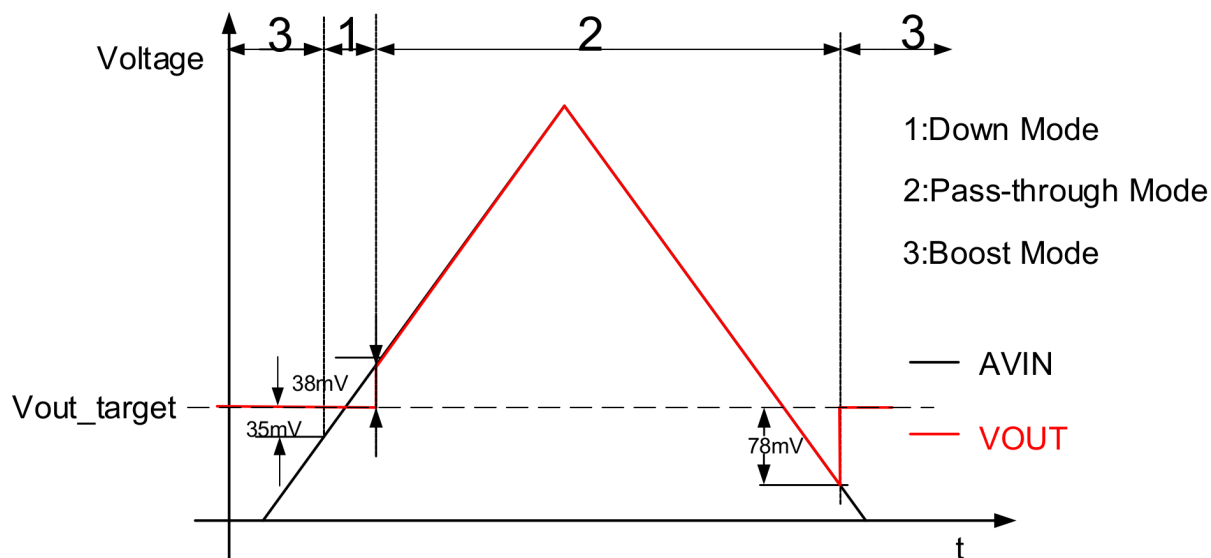


図 7-5. 100mA 以下の入力電流制限バージョンでのモード遷移

7.3.10 グランドへの出力短絡保護

VOUT ピンがグランドに短絡され、出力電圧が 0.5V 未満に低下すると、TPSM81299 デバイスはソフト スタート動作と同じようにインダクタ電流を制限し始めます。入力電圧が 1.8V を下回ると、TPSM81299 は不連続導通モード (DCM) と連続導通モード (CCM) の境界で動作し、入力電圧が 1.8V を上回ると DCM で動作します。

短絡が解消されると、TPSM81299 はソフト スタート シーケンスを再び実行し、レギュレートされた出力電圧を供給します。

7.3.11 サーマル シャットダウン

接合部温度が 150°Cを超えると、TPSM81299 はサーマル シャットダウンに移行します。接合部温度が、サーマル シャットダウン温度スレッショルドからヒステリシスを引いた値 (通常 130°C) を下回ると、デバイスは動作を再開します。

7.4 デバイスの機能モード

7.4.1 高速負荷過渡モードと通常モード

TPSM81299 には高速負荷過渡モードと通常モードの 2 つのモードがあり、これらは VSEL ピンで選択できます。

高速負荷過渡モードでは、ループ応答は高速です。たとえば、3.6V Vin から 5V Vout の条件で出力電流が 0A から 200mA に過渡する場合、負荷過渡安定時間は 8 μ s です。ただし、ロード レギュレーションがトレードオフとなります。通常モードの方が、ロード レギュレーションは優れています。

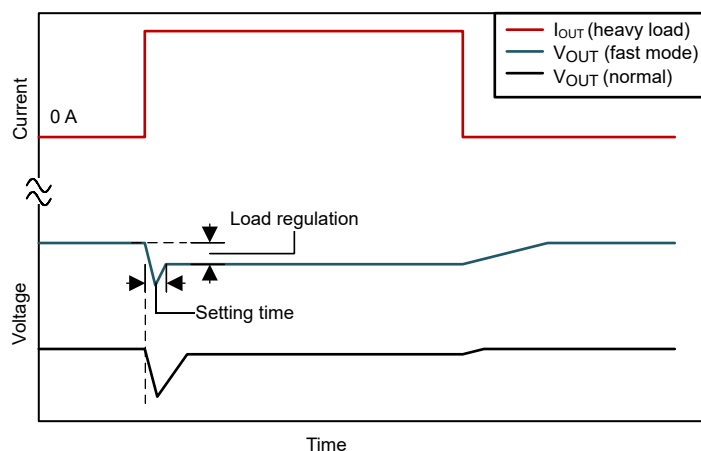


図 7-6. 高速モードと通常モードでの過渡性能の比較

8 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。

8.1 アプリケーション情報

TPSM81299x は同期昇圧モジュールであり、ヒステリシス制御方式で動作します。TPSM81299x は、0.5V ~ 5.5V (スタートアップ時の立ち上がり 0.7V) の広い入力電源電圧範囲に対応しています。このデバイスはわずか 95nA の静止電流を消費し、軽負荷状態でも高い効率を実現します。

TPSM81299 には 1.2A の入力電流制限があり、EN が Low のときの完全なシャットダウン機能をサポートします。

TPSM81299x には、さまざまなシステム用に、高速過渡性能モードと正確なロードレギュレーションモードがあります。

8.2 代表的なアプリケーション: 通常モードでのリチウムイオンバッテリーから 5V への昇圧コンバータ

TPSM81299 は、表 8-1 に従って、異なる VSEL 抵抗を設定することで出力電圧を選択します。通常モード状態で出力を 5V にレギュレートするには、VSEL 抵抗を 7.87kΩ に設定します。

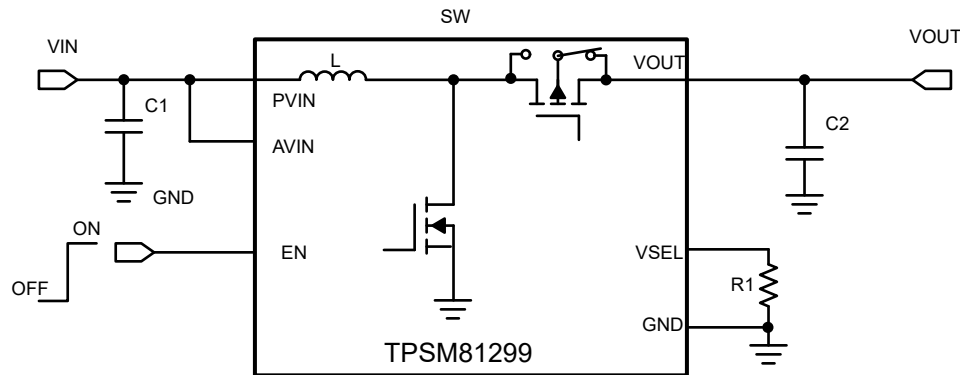


図 8-1. 通常モードでの 3.6V 入力ソースから 5V 出力への昇圧コンバータ

8.2.1 設計要件

設計パラメータを表 8-1 に示します。

表 8-1. 設計要件

パラメータ	値
入力電圧	2.7V~4.3V
出力電圧	5V (通常モード)
出力電流	500mA
出力電圧リップル	± 50mV

8.2.2 詳細な設計手順

8.2.2.1 最大出力電流

TPSM81299 の最大出力能力は、入出力比および昇圧コンバータの電流制限によって決定されます。標準的な 1μH インダクタはすでに組み込まれているため、外部に追加のインダクタを配置する必要はありません。最大出力電流は、式 2 を使用して推定できます。

$$I_{OUT(max)} = \frac{V_{IN} I_{LIM}}{V_{OUT}} \eta \quad (2)$$

ここで、

- η : 変換効率。推定には 85% を使用します。
- I_{LIM} : 平均スイッチ電流制限。

最小入力電圧、最大昇圧出力電圧、および最小電流制限 I_{LIM} が、推定のワーストケース条件として使用されます。

8.2.2.2 出力コンデンサの選択

出力コンデンサは主に、出力リップルとループ安定性の要件を満たすように選択します。リップル電圧は、コンデンサの容量と、その等価直列抵抗 (ESR) に関係します。ESR がゼロのセラミック コンデンサを仮定した場合、あるリップル電圧に対して必要な最小容量は 式 3 を使用して計算できます。

$$C_{OUT} = \frac{I_{OUT} \times D_{MAX}}{f_{SW} \times V_{RIPPLE}} \quad (3)$$

ここで、

- D_{MAX} : 最大スイッチング デューティ サイクル。
- V_{RIPPLE} : ピーク ツー ピークの出力リップル電圧。
- I_{OUT} : 最大出力電流。
- f_{SW} : スwitchング周波数。

タンタルまたはアルミ電解コンデンサを使用する場合は、出力リップルに対する ESR の影響を考慮する必要があります。出力コンデンサの ESR に起因する出力ピーク ツー ピークリップル電圧は、式 4 を使用して計算できます。

$$V_{RIPPLE(ESR)} = I_{L(P)} \times R_{ESR} \quad (4)$$

DC バイアス電圧、経年劣化、AC 信号におけるセラミック コンデンサのデレーティングを評価する際には注意が必要です。たとえば、DC バイアス電圧により静電容量が大幅に低減します。セラミック コンデンサは、定格電圧で容量の 50% 以上を失います。そのため、電圧定格には常にマージンを確保して、必要な出力電圧で十分な容量が得られるようにします。PWM モードでは、出力コンデンサを大きくすると、出力リップル電圧が小さくなります。

実効静電容量値が 4 μ F ~ 1000 μ F の X5R または X7R セラミック出力コンデンサを使用することをお勧めします。出力コンデンサは、昇圧レギュレータの小信号制御ループの安定性に影響します。出力電流が 1A を上回った時点で、20 μ F 以上の実効出力容量が必要になります。また、1.5A の入力電流制限バージョンの TPSM812997 デバイスを使用する場合も同様です。そうしないと、ブーストレギュレータが不安定になる可能性があります。

8.2.2.3 入力コンデンサの選択

X5R または X7R の多層セラミック コンデンサは、ESR が極めて低く、占有面積も小さいため、昇圧コンバータの入力デカップリング用に優れた選択肢となります。入力コンデンサはデバイスにできる限り近づけて配置します。ほとんどのアプリケーションでは 10 μ F の入力コンデンサで十分ですが、入力電流リップルを低減するために、さらに大きな値を制限なしで使用できます。セラミック入力コンデンサのみを使用する場合には注意が必要です。入力セラミック コンデンサを使用している場合に、長いワイヤを通して電源を供給すると、出力での負荷ステップにより PVIN および AVIN ピンでリングングが発生する可能性があります。出力と結合した場合、このリングングはループが不安定であるか、デバイスが損傷していると誤判断されます。この場合、セラミック入力コンデンサと電源の間に追加のバルク容量 (タンタルまたはアルミ電解コンデンサ) を配置して、電源リード線のインダクタンスとセラミック入力コンデンサの間で発生する可能性のあるリングングを低減します。

8.2.3 アプリケーション曲線

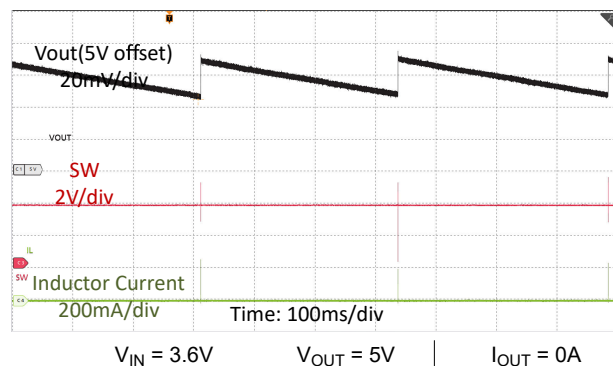


図 8-2. 開放負荷時のスイッチング波形

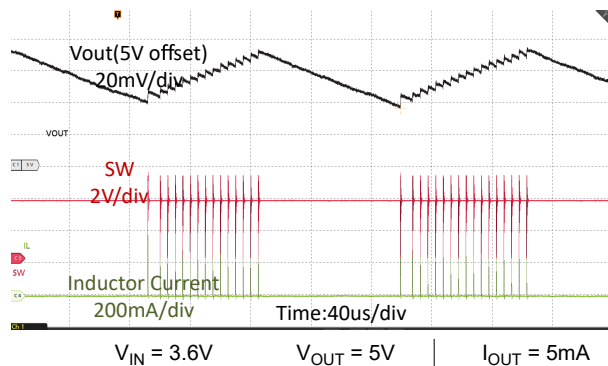


図 8-3. 軽負荷時のスイッチング波形

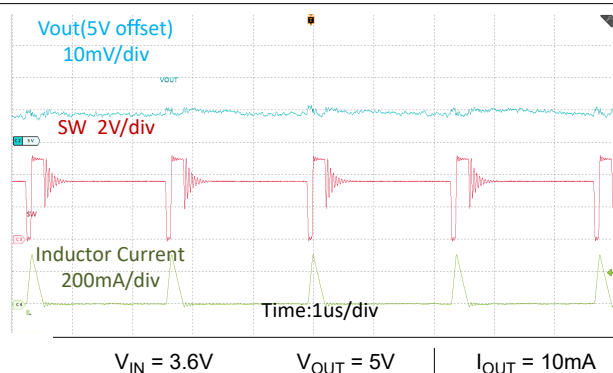


図 8-4. 中負荷時のスイッチング波形

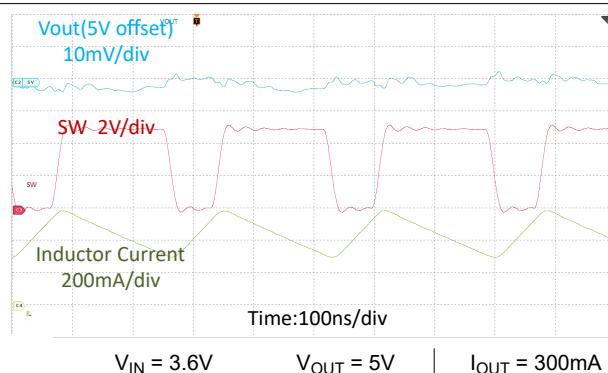


図 8-5. 重負荷時のスイッチング波形

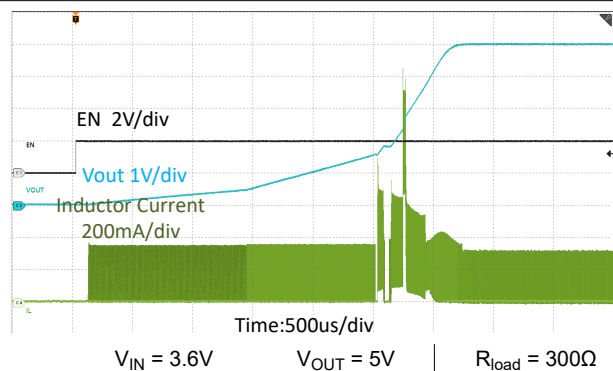


図 8-6. EN によるスタートアップ

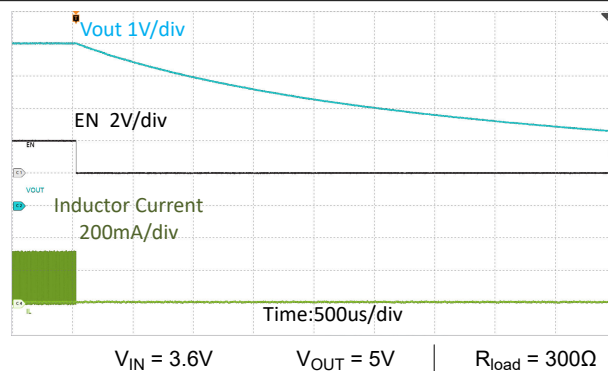


図 8-7. EN によるシャットダウン

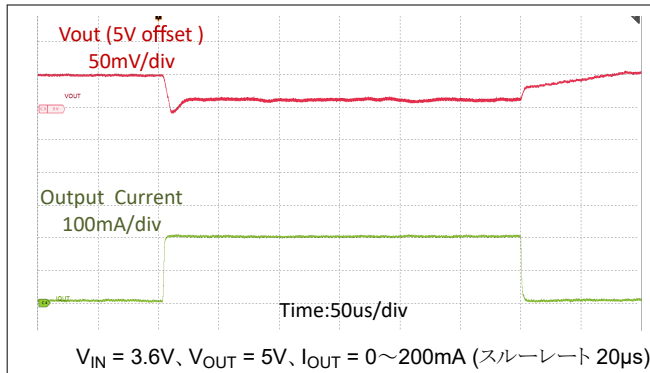


図 8-8. 負荷過渡応答

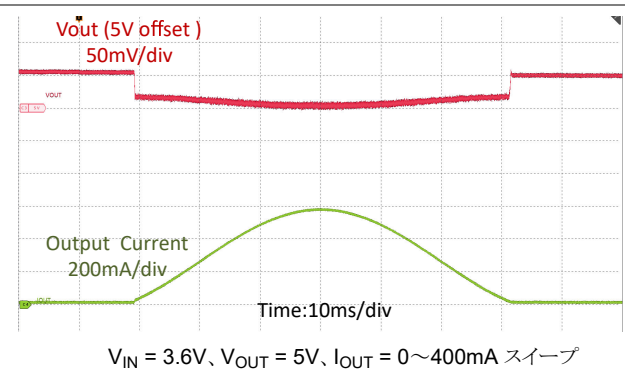


図 8-9. 負荷スイープ

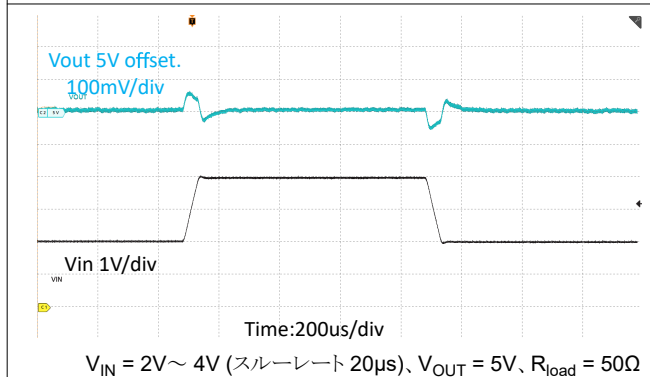


図 8-10. ライン過渡

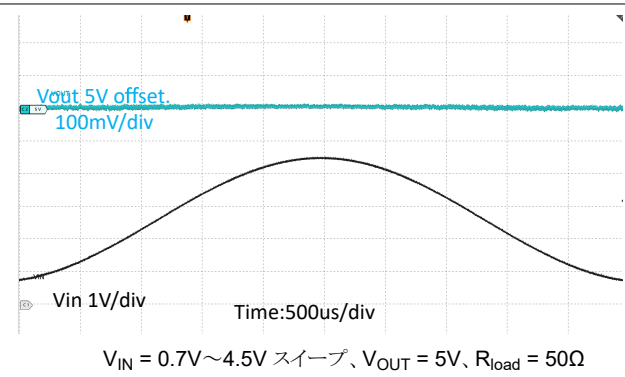


図 8-11. ライン スイープ

8.3 電源に関する推奨事項

このデバイスは、0.5V～5.5V 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。入力電源を適切にレギュレーションします。入力電源がコンバータから数インチ以上離れている場合は、セラミック バイパス コンデンサに加えて追加のバルク容量が必要となることがあります。一般的な選択肢は、100 μF のタンタルまたはアルミ電解コンデンサです。入力電源の出力電流の定格は、TPSM81299 の電源電圧、出力電圧、出力電流に応じた定格である必要があります。

8.4 レイアウト

8.4.1 レイアウトのガイドライン

すべてのスイッチング電源において、レイアウトは設計での重要なステップとなります。ピーク電流およびスイッチング周波数が高い場合には、特に重要です。非効率的なレイアウトは、安定性と EMI の問題につながります。主要な電流パスおよびパワー グランド パスには、幅が広く短い配線を使用してください。入力コンデンサと出力コンデンサは、デバイスのできるだけ近くに配置します。

8.4.2 レイアウト例

最下層は、ビアで接続された大きな GND プレーンです。

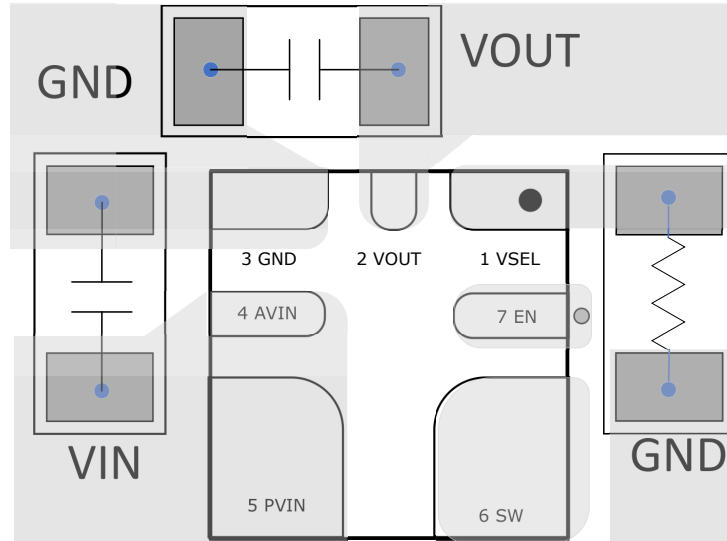


図 8-12. レイアウト例 - QFN

8.5 熱に関する情報

通常の動作条件では、最大接合部温度が 125°C に制限されます。最大許容消費電力 $P_{D(max)}$ を計算し、実際の消費電力を $P_{D(max)}$ 以下に維持します。最大消費電力制限は、式 5 で決定されます。

$$P_{D(max)} = \frac{125 - T_A}{R_{\theta JA}} \quad (5)$$

ここで、

- T_A はアプリケーションの最大周囲温度
- $R_{\theta JA}$: 「熱に関する情報」の表に記載されている接合部から周囲への熱抵抗。

TPSM81299 は QFN-FCMOD パッケージで供給されます。パッケージの実際の接合部から周囲への熱抵抗は、PCB のタイプとレイアウトに大きく依存します。厚い PCB 銅箔を使用し、GND ピンを大きなグラウンド プレートに半田付けすると、熱性能が向上します。また、より多くのビアを使用して半田マスクを使用せずに IC の最上層と最下層のグラウンド・プレートに接続しても、熱性能が向上します。

9 デバイスおよびドキュメントのサポート

9.1 デバイス サポート

9.1.1 サード・パーティ製品に関する免責事項

サード・パーティ製品またはサービスに関するテキサス・インスツルメンツの出版物は、単独またはテキサス・インスツルメンツの製品、サービスと一緒に提供される場合に関係なく、サード・パーティ製品またはサービスの適合性に関する是認、サード・パーティ製品またはサービスの是認の表明を意味するものではありません。

9.2 ドキュメントのサポート

9.2.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

- テキサス・インスツルメンツ、『PFM モードの効率の正確な測定』アプリケーション レポート
- テキサス・インスツルメンツ、『超低 IQ デバイスの効率の正確な測定』テクニカル ブリーフ
- テキサス・インスツルメンツ、『IQ: その意味と使用法』テクニカル ブリーフ

9.3 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。

9.4 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ 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・インスツ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・インスツ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・インスツルメンツの使用条件を参照してください。

9.5 商標

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

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

9.6 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・インスツルメンツは、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。

9.7 用語集

[テキサス・インスツルメンツ用語集](#) 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。

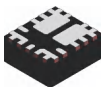
10 改訂履歴

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。

日付	改訂	注
July 2025	*	初版リリース

11 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。

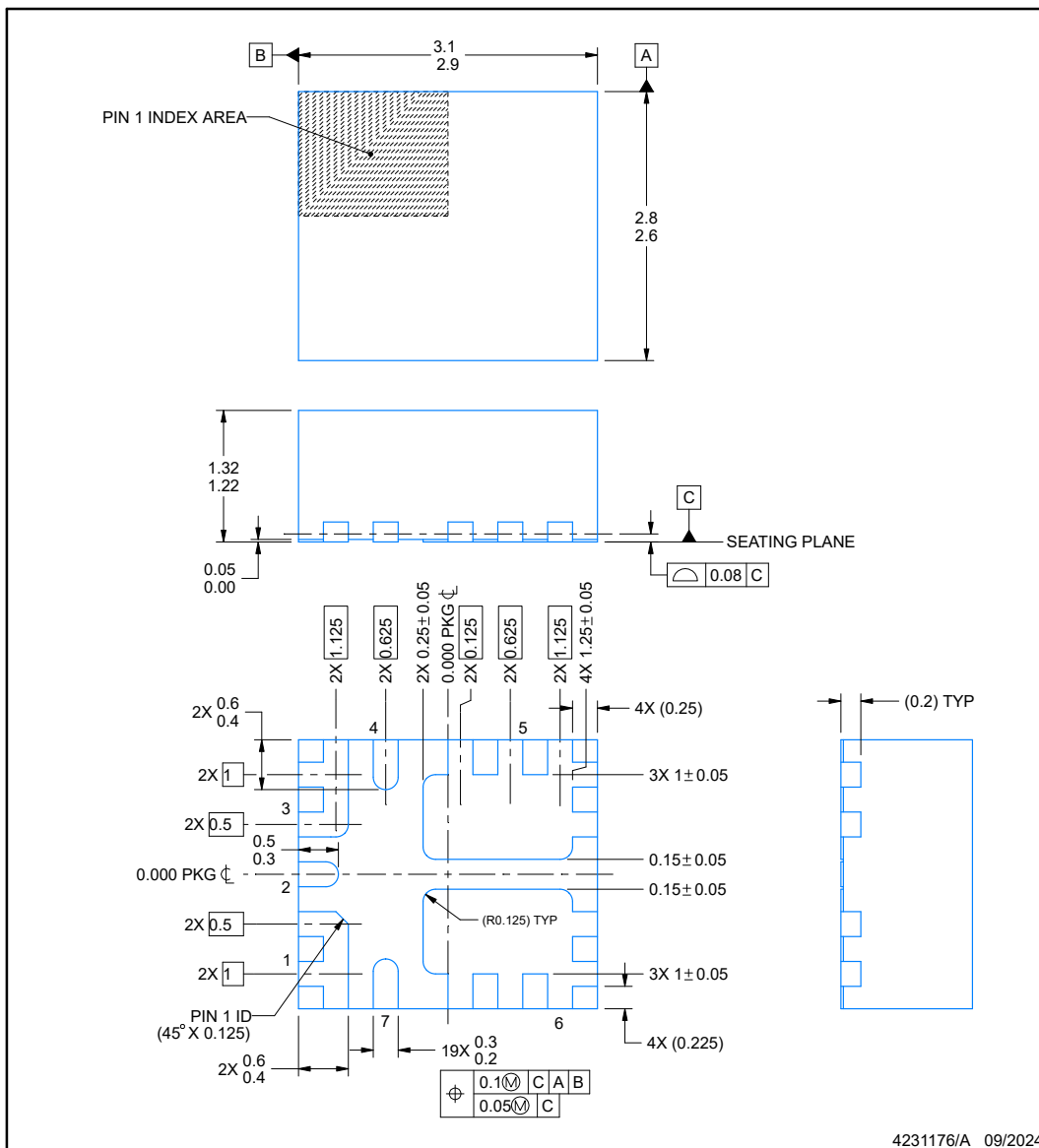


VCM0007A

PACKAGE OUTLINE

QFN-FCMOD - 1.32 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES:

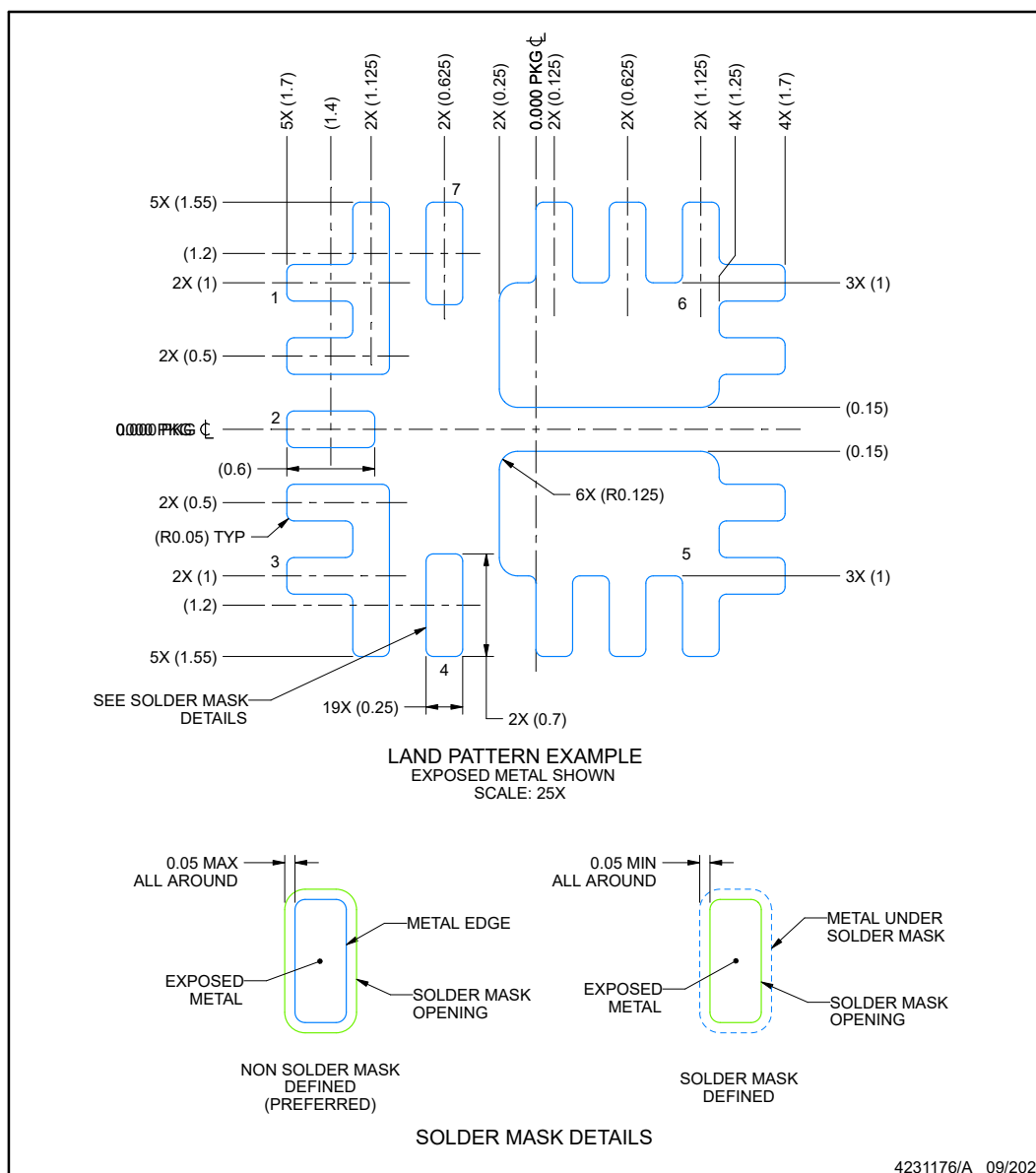
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

VCM0007A

QFN-FCMOD - 1.32 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sl原因271).

VCM0007A

QFN-FCMOD - 1.32 mm max height

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

PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
 PADS 5 & 6: 71%

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

テキサス・インスツルメンツは、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むいかなる保証も、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、テキサス・インスツルメンツ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 テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

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)
TPSM81299VCMR	Active	Production	QFN-FCMOD (VCM) 7	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	81299

- (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
TPSM81299VCMR	QFN-FCMOD	VCM	7	3000	330.0	12.4	2.95	3.25	1.5	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)
TPSM81299VCMR	QFN-FCMOD	VCM	7	3000	367.0	367.0	38.0

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](https://www.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