

TPS6281x 2.75V ~ 6V、周波数可変型、降圧コンバータ

1 特長

- 機能安全対応
 - 機能安全システムの設計に役立つ資料を利用可能
- 入力電圧範囲: 2.75V ~ 6V
- 1A、2A、3A、4A のファミリ
- 静止電流: 15μA (標準値)
- 0.6V ~ 5.5V の出力電圧
- 出力電圧精度 ±1% (PWM 動作)
- 可変ソフト スタート
- 強制 PWM または PWM/PFM 動作
- 1.8MHz ~ 4MHz の調整可能なスイッチング周波数
- 高精度の ENABLE 入力が可能
 - ユーザー定義の低電圧誤動作防止機能
 - 正確なシーケンシング
- 100% デューティ サイクル モード
- アクティブ出力放電
- 拡散スペクトラム クロック処理 - オプション
- ウィンドウ コンパレータによるパワー グッド出力

2 アプリケーション

- ファクトリ オートメーション / 制御
- 試験および測定機器
- メディカル モニタと診断
- ワイヤレス インフラ
- データ センターの相互接続、光学モジュール

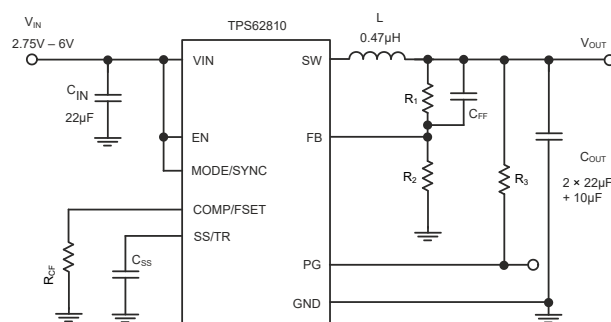
3 説明

TPS6281x は、ピン互換の 1A、2A、3A、4A 同期整流降圧 DC/DC コンバータのファミリです。すべてのデバイスは、高い効率と使いやすさを特長としています。TPS6281x ファミリは、ピーク電流モード制御方式に基づいています。TPS6281x は、産業および通信アプリケーション用に設計されています。抵抗値の低いスイッチにより、高い周囲温度でも最大 4A の連続出力電流を供給できます。スイッチング周波数は 1.8MHz ~ 4MHz の範囲で外部から変更でき、同じ周波数範囲の外部クロックと同期することもできます。PWM/PFM モードでは、TPS6281x は負荷が軽いときに自動的にパワーセーブ モードへ移行するため、負荷範囲全体にわたって高い効率が維持されます。TPS6281x は PWM モードで 1% の出力電圧精度を実現するため、出力電圧精度の高い電源の設計に役立ちます。SS/TR ピンを使用して、スタートアップ時間を設定したり、出力電圧が外部ソースに追従するよう設定したりできます。この特長によって、各種の電源レールの外部シーケンシングが可能で、スタートアップ時の突入電流が制限されます。TPS6281x は、の 3mm × 2mm VQFN パッケージで供給されます。

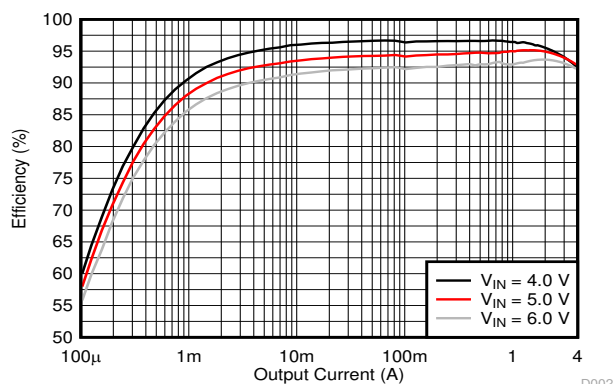
製品情報

型番 ⁽³⁾	パッケージ ⁽¹⁾	パッケージ サイズ ⁽²⁾
TPS62810	RWY (VQFN-HR, 9)	3mm × 2mm
TPS62811		
TPS62812		
TPS62813		

- 詳細については、[セクション 12](#) を参照してください。
- 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。
- [デバイスの比較表](#) を参照してください。



概略回路図



効率と出力電流との関係、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、PWM/PFM、 $f_s = 2.25MHz$

D002



目次

1 特長.....	1	8.4 デバイスの機能モード.....	14
2 アプリケーション.....	1	9 アプリケーションと実装.....	17
3 説明.....	1	9.1 アプリケーション情報.....	17
4 デバイス比較表.....	3	9.2 代表的なアプリケーション.....	19
5 ピン構成および機能.....	4	9.3 システム例.....	30
6 仕様.....	5	9.4 電源に関する推奨事項.....	32
6.1 絶対最大定格.....	5	9.5 レイアウト.....	32
6.2 ESD 定格.....	5	10 デバイスおよびドキュメントのサポート.....	34
6.3 推奨動作条件.....	5	10.1 デバイス サポート.....	34
6.4 熱に関する情報.....	5	10.2 ドキュメントのサポート.....	34
6.5 電気的特性.....	6	10.3 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	34
6.6 代表的特性.....	8	10.4 サポート・リソース.....	34
7 パラメータ測定情報.....	9	10.5 商標.....	34
7.1 回路図.....	9	10.6 静電気放電に関する注意事項.....	34
8 詳細説明.....	11	10.7 用語集.....	34
8.1 概要.....	11	11 改訂履歴.....	35
8.2 機能ブロック図.....	11	12 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....	35
8.3 機能説明.....	12		

4 デバイス比較表

部品番号	出力電流	Vout 放電	フォールドバック電流制限	スペクトラム拡散クロック処理 (SSC)	出力電圧
TPS62811RWYR	1A	ON	OFF	OFF	可変
TPS62812RWYR	2A	ON	OFF	OFF	可変
TPS62813RWYR	3A	ON	OFF	OFF	可変
TPS62810RWYR	4A	ON	OFF	OFF	可変

5 ピン構成および機能

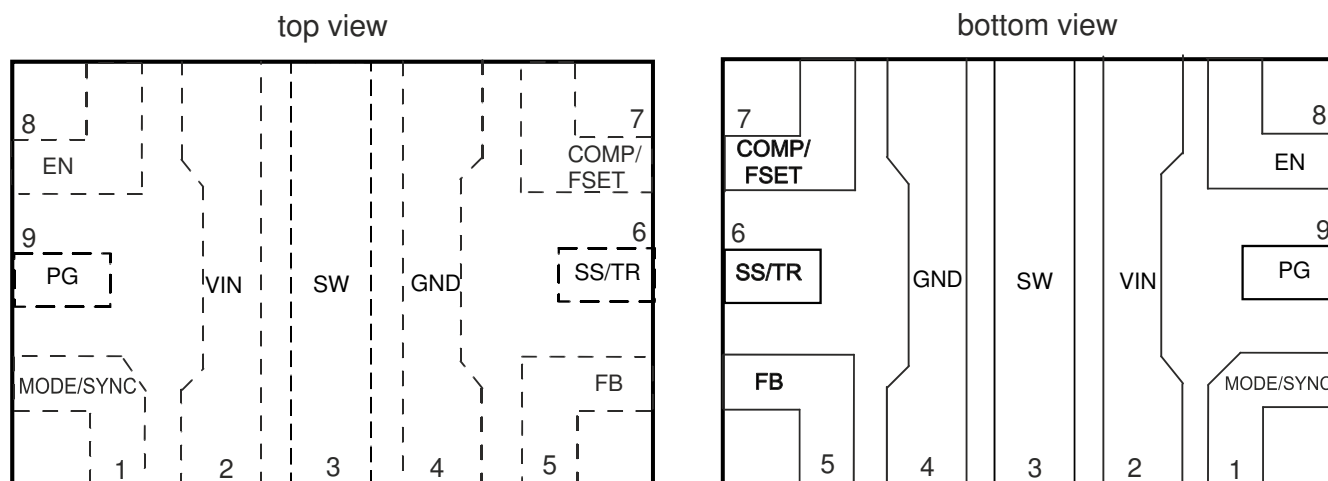


図 5-1. RWY パッケージ 9 ピン (VQFN-HR)

表 5-1. ピンの機能

ピン		タイプ ⁽¹⁾	説明
名称	番号		
EN	8	I	このピンはデバイスのイネーブルピンです。ロジック Low に接続すると、本デバイスは無効化されます。 High にプルすると、本デバイスは有効化されます。このピンを未接続のままにしないでください。
FB	5	I	電圧フィードバック入力。抵抗分圧器の出力をこのピンに接続します。固定出力電圧バージョンの場合は、 FB ピンを出力電圧に直接接続します。
GND	4		グラウンド ピン
MODE/SYNC	1	I	このピンが low になると、デバイスは PFM/PWM モードで動作します。ピンが High にプルされる場合、デバイスは強制 PWM モードで動作します。このピンを未接続のままにしないでください。モードピンを使用して、デバイスを外部周波数に同期することもできます。外部同期用にこのピンへ印加するデジタル信号の詳細な仕様については、「仕様」を参照してください。
COMP/FSET	7	I	デバイス補償および周波数設定入力。このピンから GND への抵抗は、外部同期されていない場合は制御ループの補償とスイッチング周波数を定義します。このピンを GND または VIN に接続すると、スイッチング周波数は 2.25MHz に設定されます。このピンを未接続のままにしないでください。
PG	9	O	オープンドレインのパワー グッド出力。「パワー グッド」でないときは低インピーダンス、「パワー グッド」のときは高インピーダンスになります。このピンはオープンのままにできます。使用しない場合は GND に接続できます。
SS/TR	6	I	ソフトスタート/トラッキング ピン。このピンと GND の間に接続されたコンデンサによって、内部リファレンス電圧の立ち上がり時間が決まります。このピンは、トラッキングとシーケンシングの入力としても使用できます。 <i>ソフトスタート/トラッキング (SS/TR)</i> セクションを参照してください。
SW	3	—	このピンはコンバータのスイッチ ピンであり、内部パワー MOSFET に接続されています。
VIN	2	—	電源入力。入力コンデンサを VIN と GND の間に、できるだけ近づけて接続します。

(1) I = 入力、O = 出力

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
ピン電圧範囲 ⁽¹⁾	V _{IN}	-0.3	6.5	V
	SW	-0.3	V _{IN} + 0.3	V
	SW (10ns 未満の過渡) ⁽²⁾	-3	10	V
	FB	-0.3	4	V
	PG, SS/TR, COMP/FSET	-0.3	V _{IN} + 0.3	V
ピン電圧範囲 ⁽¹⁾	EN, MODE/SYNC	-0.3	6.5	V
保管温度、T _{stg}		-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。

(2) スイッチング動作時

6.2 ESD 定格

		値	単位
V _(ESD)	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⁾	±750	

(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。

(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

		最小値	公称値	最大値	単位
V _{IN}	電源電圧範囲	2.75		6	V
V _{OUT}	出力電圧範囲	0.6		5.5	V
L	1.8 MHz から 3.5 MHz へのスイッチング周波数に対する実効インダクタンス	0.32	0.47	0.9	μH
L	3.5 MHz から 4 MHz へのスイッチング周波数に対する実効インダクタンス	0.25	0.33	0.9	μH
C _{OUT}	1A および 2A バージョンの実効出力容量 ⁽¹⁾	15	22	470	μF
C _{OUT}	3A および 4A バージョンの実効出力容量 ⁽¹⁾	27	47	470	μF
C _{IN}	実効入力キャパシタンス ⁽¹⁾	5	10		μF
R _{CF}	GND または V _{IN} に接続されていない場合の、COMP/FSET から GND への抵抗値	4.5		100	kΩ
T _J	動作時接合部温度	-40		+150	°C

(1) 表のコンデンサに記載されている値は実効容量で、DC バイアス効果も含まれています。セラミック コンデンサの DC バイアス効果により、電圧を印加したときの実効容量は公称値より小さくなります。実効静電容量と印加される DC 電圧との関係については、メーカーの DC バイアス曲線を確認してください。制限が適用される場合があります。出力キャパシタンスと補償設定および出力電圧の関係については、COMP/FSET の機能説明を参照してください。

6.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		TPS6281x	単位
		RWY	
		9 ピン	
R _{θJA}	接合部から周囲への熱抵抗	71.1	°C/W
R _{θJC(top)}	接合部からケース (上面) への熱抵抗	37.2	°C/W

6.4 熱に関する情報 (続き)

熱評価基準 ⁽¹⁾		TPS6281x	単位
		RWY	
		9 ピン	
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	16.4	°C/W
Ψ_{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	0.9	°C/W
Ψ_{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	16.1	°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	°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

動作時接合部温度範囲全体 ($T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$) と $V_{IN} = 2.75\text{V} \sim 6\text{V}$ 、 $V_{IN} = 5\text{V}$ および $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ の場合の標準値 (特に記載のない限り)

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	動作時の静止電流	EN = High、I _{OUT} = 0mA、デバイス非スイッチング時、T _J = 125°C			21	μA
I _Q	動作時の静止電流	EN = High、I _{OUT} = 0mA、デバイス非スイッチング時		15	30	μA
I _{SD}	シャットダウン電流	EN = 0V、T _J = 125°C			18	μA
I _{SD}	シャットダウン電流	EN = 0V、T _J = 25°C での公称値、T _J = 150°C での最大値		1.5	26	μA
V _{UVLO}	低電圧ロックアウト スレッシュホールド	立ち上がり入力電圧	2.5	2.6	2.75	V
		立ち下がり入力電圧	2.25	2.5	2.6	V
T _{SD}	サーマル シャットダウン温度	立ち上がり接合部温度		170		°C
	サーマル シャットダウンのヒステリシス			15		
制御 (EN、SS/TR、PG、MODE/SYNC)						
V _{IH}	MODE/SYNC ピンの High レベル入力電圧		1.1			V
V _{IL}	MODE/SYNC ピンの Low レベル入力電圧				0.3	V
f _{SYNC}	同期用の MODE/SYNC ピンの周波数範囲	COMP/FSET 端子から GND への抵抗が必要です。詳しくはアプリケーション セクションを参照してください	1.8		4	MHz
	MODE/SYNC ピンにおける同期信号のデューティ サイクル		20%	50%	80%	
	外部周波数にロックする時間			50		μs
V _{IH}	EN ピンの入力スレッシュホールド電圧、立ち上がりエッジ		1.06	1.1	1.15	V
V _{IL}	EN ピンの入力スレッシュホールド電圧、立ち下がりエッジ		0.96	1.0	1.05	V
I _{LKG}	EN および MODE/SYNC ピンの入力リーク電流	V _{IH} = V _{IN} または V _{IL} = GND			150	nA
	COMP/FSET から GND への抵抗 (ロジック Low)	f = 2.25MHz の内部周波数設定	0		2.5	kΩ
	ロジック High の COMP/FSET の電圧	f = 2.25MHz の内部周波数設定		V _{IN}		V

6.5 電気的特性 (続き)

動作時接合部温度範囲全体 ($T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$) と $V_{IN} = 2.75\text{V} \sim 6\text{V}$, $V_{IN} = 5\text{V}$ および $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ の場合の標準値 (特に記載のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
V_{TH_PG}	UVP パワーグッド スレッシュホールド電圧、DC レベル	立ち上がり (% V_{FB})	92%	95%	98%	
	UVP パワーグッド スレッシュホールド電圧、DC レベル	立ち下がり (% V_{FB})	87%	90%	93%	
	OVP パワー グッド スレッシュホールド、DC レベル	立ち上がり (% V_{FB})	107%	110%	113%	
	OVP パワー グッド スレッシュホールド、DC レベル	立ち下がり (% V_{FB})	104%	107%	111%	
	パワー グッド デグリッチ時間	パワーグッドの High レベルから Low レベルへの遷移		40		μs
V_{OL_PG}	パワー グッド出力 Low 電圧	$I_{PG} = 2\text{mA}$		0.07	0.3	V
I_{LKG_PG}	入力リーク電流 (PG)	$V_{PG} = 5\text{V}$			100	nA
$I_{SS/TR}$	SS/TR ビン ソース電流		2.1	2.5	2.8	μA
	トラッキング ゲイン	$V_{FB}/V_{SS/TR}$ (基準 $V_{FB} = 0.6\text{V}$ の場合)		1		
	トラッキング オフセット	$V_{SS/TR} = 0\text{V}$ のときの帰還電圧 (標準 $V_{FB} = 0.6\text{V}$)		17		mV
パワー スイッチ						
$R_{DS(ON)}$	ハイサイド MOSFET オン抵抗	$V_{IN} \geq 5\text{V}$		37	60	$\text{m}\Omega$
$R_{DS(ON)}$	ローサイド MOSFET オン抵抗	$V_{IN} \geq 5\text{V}$		15	35	$\text{m}\Omega$
	ハイサイド MOSFET リーク電流	$V_{IN} = 6\text{V}$, $V(\text{SW}) = 0\text{V}$			30	μA
	ローサイド MOSFET リーク電流	$V(\text{SW}) = 6\text{V}$			55	μA
	SW リークage	$V(\text{SW}) = 0.6\text{V}$, SW ビンへの電流	-0.025		30	μA
I_{LIMH}	ハイサイド MOSFET 電流制限	TPS62810 の場合の DC 値、 $V_{IN} = 3\text{V} \sim 6\text{V}$	4.8	5.6	6.55	A
I_{LIMH}	ハイサイド MOSFET 電流制限	TPS62813 の場合の DC 値、 $V_{IN} = 3\text{V} \sim 6\text{V}$	3.9	4.5	5.25	A
I_{LIMH}	ハイサイド MOSFET 電流制限	TPS62812 の場合の DC 値、 $V_{IN} = 3\text{V} \sim 6\text{V}$	2.8	3.4	4.2	A
I_{LIMH}	ハイサイド MOSFET 電流制限	TPS62811 の場合の DC 値、 $V_{IN} = 3\text{V} \sim 6\text{V}$	2.0	2.6	3.25	A
I_{LIMNEG}	負のバレー電流制限	DC 値		-1.8		A
f_S	PWM スイッチング周波数範囲		1.8	2.25	4	MHz
f_S	PWM スイッチング周波数	COMP/FSET を V_{IN} または GND に接続した場合	2.025	2.25	2.475	MHz
	PWM スイッチング周波数の許容誤差	COMP/FSET 端子と GND の間に抵抗を接続することで、スイッチング周波数 (f_S) を 1.8 MHz $\sim$ 4 MHz に設定	-19%		18%	
$t_{on,min}$	HS FET の最小オン時間	$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$, $V_{IN} = 3.3\text{V}$		50	75	ns
$t_{on,min}$	LS FET の最小オン時間	$V_{IN} = 3.3\text{V}$		30		ns
出力						
V_{FB}	帰還電圧	可変出力電圧バージョン		0.6		V
I_{LKG_FB}	可変電圧バージョンにおける FB 入力リーク電流	$V_{FB} = 0.6\text{V}$		1	70	nA
I_{LKG_FB}	固定電圧バージョンの FB 入力電流	目標出力電圧での V_{FB} 電圧		1		μA
V_{FB}	可変電圧バージョンの帰還電圧精度	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$	PWM モード	-1%	1%	
V_{FB}	固定電圧バージョンの帰還電圧精度	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$	PWM モード、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$	-1%	1%	
V_{FB}	固定電圧バージョンの帰還電圧精度	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$	PWM モード	-1%	1.3%	
V_{FB}	帰還電圧精度	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$, $V_{OUT} \geq 1.5\text{V}$	PFM モード、 $C_{o,eff} \geq 22\mu\text{F}$, $L = 0.47\mu\text{H}$	-1%	2%	
V_{FB}	帰還電圧精度	$1\text{V} \leq V_{OUT} < 1.5\text{V}$	PFM モード、 $C_{o,eff} \geq 47\mu\text{F}$, $L = 0.47\mu\text{H}$	-1%	2.5%	

6.5 電気的特性 (続き)

動作時接合部温度範囲全体 ($T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$) と $V_{IN} = 2.75\text{V} \sim 6\text{V}$ 、 $V_{IN} = 5\text{V}$ および $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ の場合の標準値 (特に記載のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
V_{FB}	電圧トラッキングによる帰還電圧精度	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$ 、 $V_{SS/TR} = 0.3\text{V}$	PWM モード		-1%	7%
	ロードレギュレーション	PWM モード動作		0.05		%/A
	ラインレギュレーション	PWM モード動作、 $I_{OUT} = 1\text{A}$ 、 $V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$		0.02		%/V
	出力放電抵抗				50	Ω
t_{delay}	起動遅延時間	$I_{OUT} = 0\text{mA}$ 、 $EN = \text{High}$ にした後、スイッチングが開始されるまでの時間、 V_{IN} はすでに印加済み	135	250	470	μs
t_{ramp}	ランプ時間、SS/TR ピンはオープン	$I_{OUT} = 0\text{mA}$ 、最初のスイッチングパルスから定格出力電圧の95%に達するまでの時間、デバイスは電流制限状態ではありません	100	150	200	μs

6.6 代表的特性

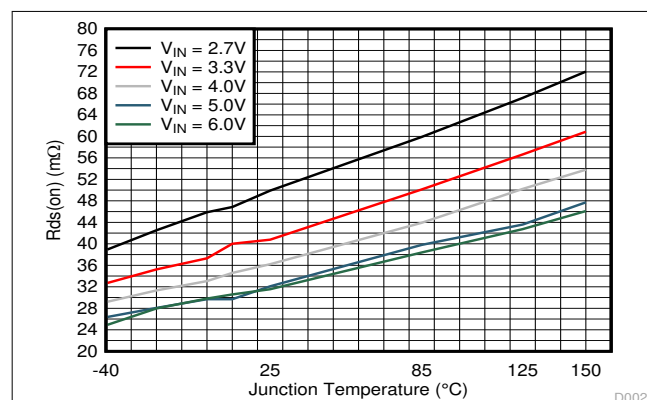


図 6-1. ハイサイドスイッチの $R_{ds(on)}$

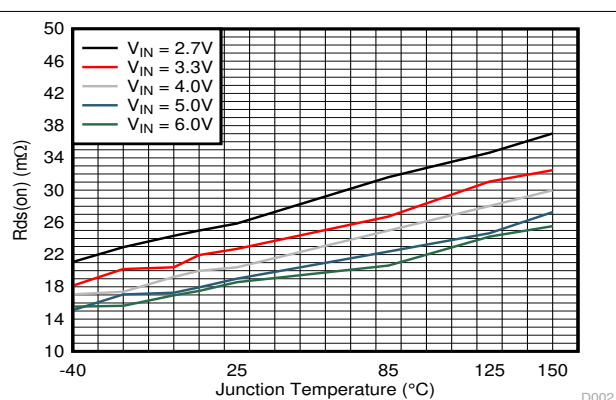


図 6-2. ローサイドスイッチの $R_{ds(on)}$

7 パラメータ測定情報

7.1 回路図

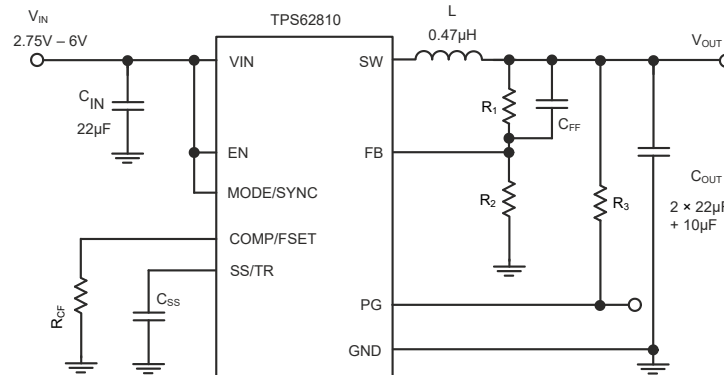


図 7-1. TPS62810 と TPS62813 の測定のセットアップ

表 7-1. 部品のリスト

リファレンス	説明	メーカー ⁽¹⁾
IC	TPS62810 または TPS62813	テキサス インスツルメンツ
L	0.47μH インダクタ: XEL4030-471MEB	Coilcraft
C _{IN}	22μF / 10V: GCM31CR71A226KE02L	Murata
C _{OUT}	2 × 22μF / 10V: GCM31CR71A226KE02L + 1 × 10μF / 6.3V: GCM188D70J106ME36	Murata
C _{SS}	4.7nF (1ms のスタートアップ ランプに相当)	任意
R _{CF}	8.06kΩ	任意
C _{FF}	10pF	任意
R ₁	V _{OUT} による	任意
R ₂	V _{OUT} による	任意
R ₃	100kΩ	任意

(1) 「サード パーティ製品に関する免責事項」をご覧ください。

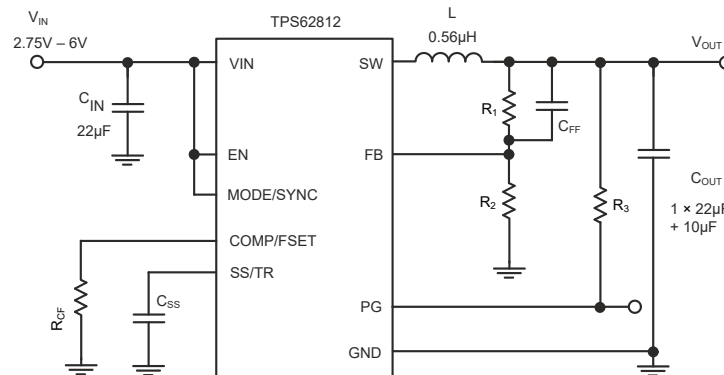


図 7-2. TPS62812 および TPS62811 の測定セットアップ

表 7-2. 部品のリスト

リファレンス	説明	メーカー ⁽¹⁾
IC	TPS62812 または TPS62811	テキサス インスツルメンツ
L	0.56 μ H インダクタ: XEL4020-561MEB	Coilcraft
C _{IN}	22 μ F / 10V: GCM31CR71A226KE02L	Murata
C _{OUT}	1 $\times$ 22 μ F / 10V: GCM31CR71A226KE02L + 1 $\times$ 10 μ F / 6.3V: GCM188D70J106ME36	Murata
C _{SS}	4.7nF (1ms のスタートアップ ランプに相当)	任意
R _{CF}	8.06k Ω	任意
C _{FF}	10pF	任意
R ₁	VOUT による	任意
R ₂	VOUT による	任意
R ₃	100k Ω	任意

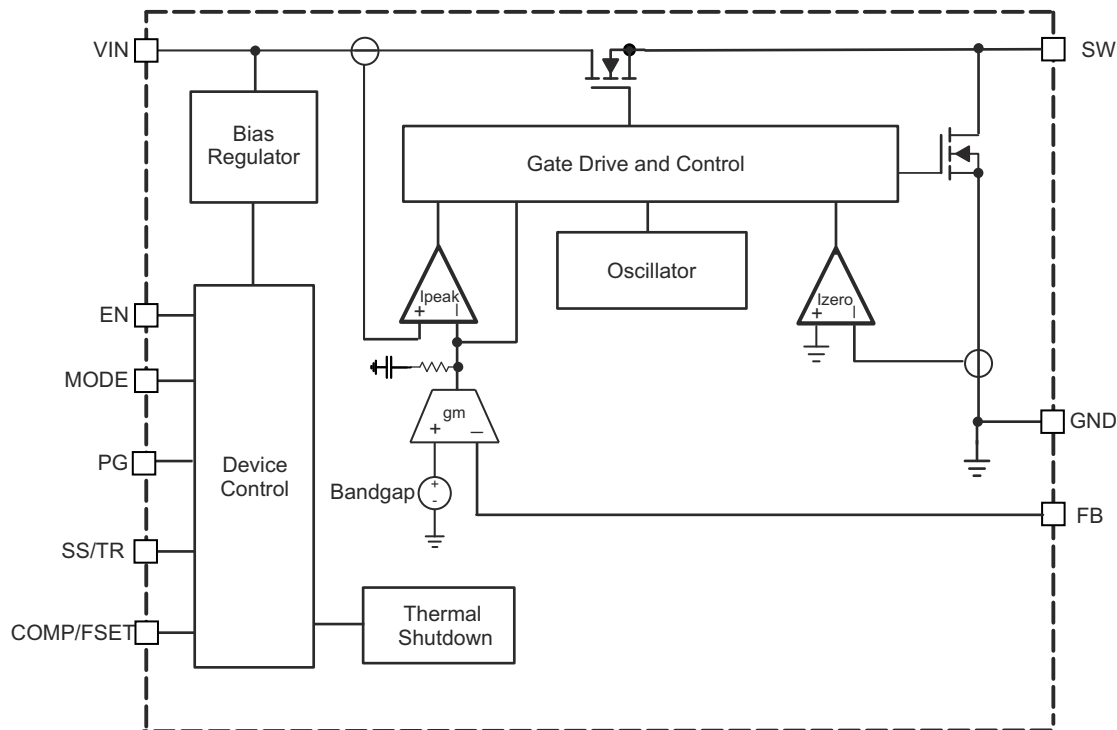
8 詳細説明

8.1 概要

TPS6281x 同期整流モード DC/DC コンバータは、ピーク電流モード制御トポロジに基づいています。制御ループは内部的に補償されます。TPS6281x で使用可能な広範囲の出力容量に対して制御ループの帯域幅を最適化するために、3 種類の内部補償設定のいずれかを選択することができます。「COMP/FSET」を参照してください。補償設定は、COMP/FSET 端子と GND 間の抵抗、またはこのピンのロジック状態によって選択されます。調整ネットワークは、小型の外付け部品と低 ESR セラミック出力コンデンサを使用して、高速で安定した動作を実現します。デバイスは出力電圧分圧器にフィードフォワード コンデンサがなくても動作できますが、通常 10pF のフィードフォワード コンデンサを使用すると過渡応答が改善されます。

これらのデバイスは、MODE ピンをロジック high レベルに接続することで、強制固定周波数 PWM 動作をサポートします。周波数は、COMP/FSET が GND または VIN に接続されている場合は内部で固定された 2.25MHz として定義されるか、COMP/FSET から GND への抵抗によって定義される 1.8MHz ~ 4MHz の範囲として定義されます。あるいは、デバイスは、追加の受動部品を必要とせずに、MODE ピンに適用される 1.8MHz ~ 4MHz の範囲の外部クロック信号に同期できます。外部同期は、COMP/FSET 端子と GND 間に抵抗が接続されている場合にのみ可能です。COMP/FSET が GND または VIN に直接接続されている場合、TPS6281x は外部で同期させることはできません。内部 PLL により、動作中に内部クロックから外部クロックへ切り替えることが可能です。外部クロックへの同期は、MODE に印加されたクロックの立ち下がりエッジから SW ピンの立ち上がりエッジまでで行われます。これにより、SW ピンを使用して 2 番目のコンバータの同期信号を生成するときに、約 180° の位相シフトが可能になります。MODE ピンが論理ローレベルに設定されている場合、デバイスは低出力電流で省電力モード (PFM) で動作し、高出力電流で自動的に固定周波数 PWM モードに移行します。PFM モードでは、スイッチング周波数が負荷に基づいて直線的に減少し、非常に低い出力電流まで高い効率を維持します。

8.2 機能ブロック図



8.3 機能説明

8.3.1 高精度イネーブル

TPS6281x のイネーブル ピンに印加される電圧は、立ち上がり時に 1.1V のスレッショルドと比較されます。そのため、ゆっくり変化する電圧でもイネーブル ピンを駆動でき、また、外部 RC ネットワークを使ってパワーアップ遅延を実現することもできます。

高精度のイネーブル入力を使うと、イネーブル ピンの入力に抵抗デバイダを追加することで、低電圧誤動作防止機能を設定できます。

イネーブル入力の立ち下がりエッジに対するしきい値は、立ち上がりエッジのしきい値よりも通常 100mV 低く設定されています。イネーブル入力が立ち上がりスレッショルドを上回ると、TPS6281x は動作を開始します。正しく動作させるには、EN ピンを終端し、フローティング状態のままにしないようにします。EN ピンを Low にすると、デバイスはシャットダウン状態になり、その際のシャットダウン電流は通常 1μA です。このモードでは、内部のハイサイドおよびローサイド MOSFET がターンオフし、内部制御回路全体がオフになります。

8.3.2 COMP/FSET

このピンでは、2 つの異なるパラメータを個別に設定できます:

- 制御ループ用の内部補償設定
- PWM モードにおけるスイッチング周波数 (1.8MHz~4MHz)

COMP/FSET から GND への抵抗により、補償とスイッチング周波数が変更されます。補償設定を変更することで、出力容量の異なる値にデバイスを適応させることができます。ピンの寄生容量を最小限に抑えるには、抵抗器をピンの近くに配置する必要があります。補償設定はコンバータの起動時にサンプリングされるため、動作中の抵抗器の変化はスイッチング周波数にのみ影響し、補償には影響しません。

外部部品を節約するために、このピンを VIN または GND に直接接続することで、あらかじめ定義されたスイッチング周波数や補償設定を選択することもできます。ピンをフローティングのままにしないでください。

最小オン時間と最小オフ時間の仕様を満たすには、入力電圧と出力電圧に基づいてスイッチング周波数を選択する必要があります。

例: $V_{IN} = 5V$, $V_{OUT} = 1V \rightarrow$ デューティ サイクル (DC) = $1V/5V = 0.2$

- $t_{on} = DC \times T \rightarrow t_{on,min} = 1 / f_{s,max} \times DC$
- $\rightarrow f_{s,max} = 1 / t_{on,min} \times DC = 1 / 0.075\mu s \times 0.2 = 2.67MHz$

補償範囲は、使用する最小容量に基づいて選択する必要があります。容量は、表 8-1 および表 8-2 に示された最小値から、3 つの補償範囲すべてにおいて最大 470μF まで増やすことができます。動作中に出力の静電容量が変化する場合は、たとえば負荷スイッチを使用して回路の一部を接続または切断する場合、出力の最小静電容量に合わせて補償を選択する必要があります。出力容量が大きい場合、最適な負荷過渡応答を得るには、その大きな容量に基づいて補償を行う必要があります。大きな出力容量を補償するが、出力に少ない容量を配置すると、不安定になる可能性があります。

異なる補償設定のスイッチング周波数は、次の式によって決まります。

補償 (Comp) 設定 1 の場合

$$R_{CF}(k\Omega) = \frac{18MHz \cdot k\Omega}{f_s(MHz)} \quad (1)$$

補償 (Comp) 設定 2 の場合

$$R_{CF}(k\Omega) = \frac{60MHz \cdot k\Omega}{f_s(MHz)} \quad (2)$$

補償 (Comp) 設定 3 の場合

$$R_{CF}(k\Omega) = \frac{180MHz \cdot k\Omega}{f_s(MHz)} \quad (3)$$

表 8-1. TPS62810 (4A) および TPS62813 (3A) のスイッチング周波数と補償

補償	R _{CF}	スイッチング周波数	V _{OUT} < 1V のときの 最小出力 容量	1V ≤ V _{OUT} < 3.3V のときの最 小出力 容量	V _{OUT} ≥ 3.3V のとき の最小出力 容量
最小出力容量の場合 (comp 設定 1)	10kΩ ~ 4.5kΩ	1.8MHz (10kΩ) ~ 4MHz (4.5kΩ) (式 1 に従って)	53μF	32μF	27μF
中程度の出力容量向け (補償設定 2)	33kΩ ~ 15kΩ	1.8MHz (33kΩ) ~ 4MHz (15kΩ) (式 2 に従って)	100μF	60μF	50μF
大容量の出力コンデン サ向け (補償設定 3)	100kΩ ~ 45kΩ	1.8MHz (100kΩ) ~ 4MHz (45kΩ) (式 3 に従って)	200μF	120μF	100μF
最小出力容量の場合 (comp 設定 1)	GND に接続	2.25MHz は内部固定	53μF	32μF	27μF
大容量の出力コンデン サ向け (補償設定 3)	V _{IN} に接続	2.25MHz は内部固定	200μF	120μF	100μF

表 8-2. TPS62812 (2A) (1A) のスイッチング周波数と補償

補償	R _{CF}	スイッチング周波数	V _{OUT} < 1V のときの 最小出力 容量	1V ≤ V _{OUT} < 3.3V のときの最 小出力 容量	V _{OUT} < 3.3V のとき の最小出力 容量
最小出力容量の場合 (comp 設定 1)	10kΩ ~ 4.5kΩ	1.8MHz (10kΩ) ~ 4MHz (4.5kΩ) (式 1 に従って)	30μF	18μF	15μF
中程度の出力容量向け (補償設定 2)	33kΩ ~ 15kΩ	1.8MHz (33kΩ) ~ 4MHz (15kΩ) (式 2 に従って)	60μF	36μF	30μF
大容量の出力コンデン サ向け (補償設定 3)	100kΩ ~ 45kΩ	1.8MHz (100kΩ) ~ 4MHz (45kΩ) (式 3 に従って)	130μF	80μF	68μF
最小出力容量の場合 (comp 設定 1)	GND に接続	2.25MHz は内部固定	30μF	18μF	15μF
大容量の出力コンデン サ向け (補償設定 3)	V _{IN} に接続	2.25MHz は内部固定	130μF	80μF	68μF

また、出力電圧に応じて必要となる出力キャパシタンスの詳細については、「[出力コンデンサ](#)」を参照してください。

R_{CF} の抵抗値が大きすぎると、「V_{IN} に接続」としてデコードされます。最小範囲未満の値は「GND に接続」としてデコードされます。[表 8-1](#) および [表 8-2](#) の最小出力キャパシタンスは、デバイスの出力に近いコンデンサ用です。容量が分布している場合は、より小さな補償設定が必要になる可能性があります。すべての値は実効容量で、すべての許容誤差、経年劣化、DC バイアス効果などを含めます。

8.3.3 MODE/SYNC

MODE/SYNC が low に設定されている場合、デバイスは出力電流に応じて PWM モードまたは PFM モードで動作します。MODE/SYNC ピンを使って High に設定すると PWM モードを強制的に設定できます。また、このピンを使用すると、ユーザーは外部同期の目的で 1.8MHz ~ 4MHz の周波数範囲にある外部クロックを印加することもできます。COMP/FSET と同様に、外部周波数を設定する際には、最小オン時間および最小オフ時間の仕様を考慮する必要があります。MODE/SYNC ピンで外部同期動作で使用する場合、内部スイッチング周波数は R_{CF} により、外部から印加されたクロックと同じ値に設定する必要があります。この動作により、外部クロックへの速やかな定常動作移行が保証され、万が一外部クロックが失敗した場合でも、スイッチング周波数は同じ範囲内に保たれ、補償設定も引き続き有効となります。COMP/FSET 端子と GND 間に抵抗がなく、このピンが High または Low にプルされている場合、外部同期はできません。

8.3.4 スペクトラム拡散クロック処理 (SSC)

SSC が有効になっているデバイス バージョンでは、内部クロックが使用されている場合、PWM モードでスイッチング周波数がランダムに変化します。周波数変動は通常、公称スイッチング周波数と公称スイッチング周波数を上回る最大 288kHz の間であり、MODE/SYNC ピンにクロック信号を適用してデバイスを外部同期すると、TPS6281x は外部クロックに従い、内部のスペクトラム拡散ブロックはオフになります。ソフトスタート中は SSC も無効になります。

8.3.5 低電圧誤動作防止 (UVLO)

入力電圧が低下した場合、低電圧誤動作防止機能が両方のパワー FET をオフにすることで、本デバイスの誤動作を防止します。本デバイスは、立ち上がり UVLO スレッシュホールドを上回る電圧では完全に動作し、電源電圧低下スレッシュホールドを入力電圧が下回ると、オフになります。

8.3.6 パワー グッド出力 (PG)

パワー グッドは、ウィンドウ コンパレータによって駆動されるオープンドレイン出力です。PG は、デバイスが無効化されているとき、低電圧ロックアウト時、およびサーマル シャットダウン時に Low に保持されます。したがって、出力電圧が制御されている場合、電気的特性で定義されたウィンドウ内では、出力はハイ インピーダンスになります。

表 8-3. PG のステータス

EN	デバイス ステータス	PG 状態
X	$V_{IN} < 2V$	未定義
低	$V_{IN} \geq 2V$	低
高	$2V \leq V_{IN} \leq UVLO$ またはサーマルシャットダウン中、または V_{OUT} が規定範囲外	低
高	制御された V_{OUT}	ハイ インピーダンス

8.3.7 サーマル シャットダウン

本デバイスの接合部温度 T_J は内蔵の温度センサによって監視されています。 T_J が 170°C (標準) を超えると、デバイスはサーマル シャットダウン状態になります。ハイサイドとローサイドの両方のパワー FET がターンオフし、PG が Low に遷移します。 T_J がヒステリシスである標準がヒステリシスである標準 15°C に低下すると、コンバータはソフトスタートを発端に、通常動作に復帰します。PFM 一時停止中は、サーマル シャットダウンはアクティブではありません。PFM 動作の休止後、デバイスが接合部温度の上昇を検出するまでに最大 9μs かかります。PFM バーストがこの遅延時間より短い場合、デバイスは接合部温度の過熱を検出できません。

8.4 デバイスの機能モード

8.4.1 パルス幅変調 (PWM) 動作

TPS6281x には 2 つの動作モードがあります: 強制 PFM モード (このセクションで説明) と PWM/PWM (パワー セーブモード動作 (PWM/PFM) で説明)。

MODE/SYNC ピンが high に設定されているとき、TPS6281x は連続導通モード (CCM) のパルス幅変調で動作します。スイッチング周波数は、COMP ピンと GND の間の抵抗、または MODE/SYNC ピンに印加される外部クロック信号によって定義されます。MODE/SYNC に外部クロックが印加されている場合、TPS6281x はピンに印加された周波数に従います。レギュレーションを維持するためには、TPS6281x が動作可能な範囲内の周波数である必要があり、最小オン時間を考慮する必要があります。

8.4.2 パワーセーブモード動作 (PWM/PFM)

MODE/SYNC ピンが low の場合、省電力モードが許可されます。ピーク インダクタ電流が約 1.2A の PFM スレッシュホールドを上回っている限り、デバイスは PWM モードで動作します。ピーク インダクタ電流が PFM スレッシュホールドを下回ると、デバイスはスイッチング パルスをスキップし始めます。パワーセーブ モードでは、スイッチング周波数は負荷電流に応じて低下し、高い効率を維持します。

8.4.3 100% デューティ サイクルでの動作

PWM モードで動作する降圧コンバータのデューティ サイクルは、 $D = V_{OUT} / V_{IN}$ で与えられます。入力電圧が出力電圧に近づき、オフ時間が短くなると、デューティ サイクルは増加します。30ns (標準値) の最小オフ時間に達すると、TPS6281x は、100% モードに近付きながら、スイッチングサイクルをスキップします。100% モードでは、ハイサイド スイッチが連続的にオン状態のままになります。出力電圧がターゲット値を下回っている限り、ハイサイド スイッチはターンオンされたままになります。100% モードでは、ローサイド スイッチがオフになります。100% モードでの最大ドロップアウト電圧は、ハイサイド スイッチのオン抵抗とインダクタの直列抵抗および負荷電流の積です。

8.4.4 電流制限と短絡保護

TPS6281x は、過負荷および短絡イベントに対して保護されています。インダクタ電流が電流制限値 (I_{LIMH}) を上回ると、インダクタ電流を減少させるため、ハイサイド スイッチがターンオフし、ローサイド スイッチがターンオンします。ハイサイド スイッチは、ローサイド スイッチの電流がローサイド電流制限値を下回った場合にのみ再びオンになります。内部伝搬遅延が原因で、実際の電流が静的電流制限値を上回ることがあります。動的な電流制限値は、次のように与えられます。

$$I_{peak(typ)} = I_{LIMH} + \frac{V_L}{L} \cdot t_{PD} \quad (4)$$

ここで、

- I_{LIMH} は、電気的特性に規定されている静的電流制限値
- L は、ピーク電流時の実効インダクタンス
- V_L は、インダクタの両端の電圧 ($V_{IN} - V_{OUT}$)
- t_{PD} は、50ns (標準値) の内部伝搬遅延

特に、入力電圧が高く、かつ使用しているインダクタンスが非常に小さい場合、電流が静的制限値を上回ることがあります。ハイサイド スイッチの動的ピーク電流は、次のように計算できます。

$$I_{peak(typ)} = I_{LIMH} + \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \cdot 50ns \quad (5)$$

8.4.5 フォールドバック電流制限と短絡保護

フォールドバック電流制限および短絡保護は、フォールドバック電流制限が有効になっているデバイスに対して有効です。

デバイスは、1024 を超える後続のスイッチング サイクルにわたって電流制限を検出すると、電流制限を公称値から通常 1.8A に減らします。電流制限表示が解消すると、フォールドバック電流制限が維持されます。デバイスが電流制限状態のまま動作を続けた場合、3072 スwitching サイクルの後に再びフルの電流制限を 1024 スwitching サイクル分試みます。

8.4.6 出力放電

放電機能の目的は、本デバイスが (イネーブル入力によって) 無効化されつつある際に出力電圧の設定されたダウンランプを確保することだけでなく、本デバイスがターンオフした際に出力電圧を約 0V に維持することです。出力放電機能は、TPS6281x が電源電圧印加後に少なくとも一度有効化された後にはのみ動作します。本デバイスが無効化された場合、サーマル シャットダウンが作動した場合、低電圧誤動作防止が作動した場合のいずれかに、放電機能は即座に有効化されます。放電機能の動作を維持するために必要な電源電圧の最小値は 2V (標準値) です。電流制限またはフォールドバック電流制限イベント中は、出力放電はアクティブになりません。電源電圧が印加されたにもかかわらず、デバイスがまだイネーブルされていない場合、放電機能は未定義になります。電源電圧が印加された後、イネーブル ピンが Low レベルのままである状態で、出力電圧放電をオフにする必要があるアプリケーションでは、「デバイス比較表」で「出力放電切断」と記載されているバージョンを使用してください。

8.4.7 ソフトスタート / トラッキング (SS/TR)

内蔵ソフトスタート回路は、起動時の出力電圧の傾きを制御します。この制御により、過剰な突入電流が回避され、出力電圧の立ち上がり時間が制御されます。この制御により、インピーダンスが高い電源またはバッテリーによる望ましくない電圧降下も防止できます。EN を High にして動作を開始すると、デバイスは約 200µs の遅延の後にスイッチングを開始し、その後、内部リファレンスが立ち上がり、それに伴って V_{OUT} も、SS/TR ピンに接続された外部コンデンサによって制御されるスロープで上昇します。

SS/TR ピンを未接続のままにすると、最も速い立ち上がりランプが得られ、通常は 150 µs です。SS/TR から GND に接続されたコンデンサは、ソフト スタート中に内部電流源によって 2.5µA で充電され、リファレンス電圧 0.6V に達するまで充電されます。したがって、特定のランプ時間 (t_{ramp}) を設定するのに必要な容量は次のようになります。

$$C_{ss} [nF] = \frac{2.5 \mu A \cdot t_{ramp} [ms]}{0.6V} \quad (6)$$

デバイスがシャットダウン状態 (EN = GND)、低電圧ロックアウト、またはサーマル シャットダウンに設定されている場合、内部抵抗によって SS/TR ピンが GND にプルダウンされ、確実に適切な Low レベルが保たれます。これらの状態から復帰すると、新しいスタートアップ シーケンスが実行されます。

SS/TR に印加される電圧は、外部ソースの電圧を追跡するために使えます。強制 PWM モードでは、出力電圧はこの電圧に対して上下の両方向に追従します。PFM モードでは、出力電圧は負荷電流に基づいて低下します。SS/TR ピンは、他のデバイスの SS/TR ピンに接続しないでください。SS/TR に印加される外部電圧は、内部的に帰還電圧 (0.6V) にクランプされます。TI では、SS/TR の外部電圧の目標値を帰還電圧よりわずかに高い値に設定することを推奨しています。SS/TR の分圧抵抗 R₅ および R₆ の許容誤差を考慮すると、この操作により、パワーアップ シーケンスが完了したときに、このデバイスは内部基準電圧に確実に切り替わります。図 9-58 を参照してください。

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、TI の製品仕様に含まれるものではなく、TI ではその正確性または完全性を保証いたしません。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。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

9.1.1 出力電圧の設定

TPS6281x の出力電圧は可変です。出力電圧は、VOUT から GND への抵抗分圧回路を使って、0.6V から 5.5V まで任意に設定できます。FB ピンの電圧は 600mV にレギュレートされています。式 7 から、抵抗分圧器の選択によって出力電圧の値が設定されます。TI では、2μA 以上の電流を許容できる抵抗値を選択することを推奨します。これは、R₂ の値が 400kΩ を超えてはならないことを意味します。TI は、設計の精度と信頼性を高めるため、より小さい抵抗値を推奨しています。

$$R_1 = R_2 \cdot \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \quad (7)$$

9.1.2 外付け部品の選択

9.1.2.1 インダクタの選択

TPS6281x は、スイッチング周波数が標準 2.25MHz の公称 0.47μH インダクタ用に設計されています。インダクタ電流リップルを低減するためにより大きな値も使えますが、効率と過渡応答に悪影響を及ぼす可能性があります。0.47μH より小さい値は、低出力電流または無出力電流時の強制 PWM モードでのより大きな負のインダクタ電流の原因となる大きなインダクタ電流リップルを引き起こします。公称スイッチング周波数が高い、または低い場合は、それに応じてインダクタンスを変更する必要があります。「推奨動作条件」も参照してください。

インダクタの選択は、インダクタリップル電流、出力リップル電圧、PWM から PFM への遷移点、効率など、各種の効果に影響されます。また、選択されたインダクタは、適切な飽和電流と DC 抵抗 (DCR) の定格を満たしている必要があります。式 8 を使って、最大インダクタ電流を計算できます。

$$I_{L(max)} = I_{OUT(max)} + \frac{\Delta I_{L(max)}}{2} \quad (8)$$

$$\Delta I_{L(max)} = \frac{V_{OUT} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)}{L_{min}} \cdot \frac{1}{f_{sw}} \quad (9)$$

ここで、

- $I_{L(max)}$ はインダクタ電流の最大値
- $\Delta I_{L(max)}$ は、ピーク ツー ピーク インダクタリップル電流です。
- L_{min} は動作ポイントにおける最小インダクタンスです

表 9-1. 代表的なインダクタ

タイプ	インダクタンス [μH]	電流 [A] ⁽¹⁾	デバイス用	公称スイッチング周波数	寸法 (LxBxH) [mm]	メーカー ⁽²⁾
XFL4015-471ME	0.47 μH , $\pm 20\%$	3.5	TPS62813, TPS62812	2.25MHz	4 × 4 × 1.6	Coilcraft
XEL4020-561ME	0.56 μH , $\pm 20\%$	9.9	TPS62810、 TPS62813、 TPS62812, TPS62811	2.25MHz	4 × 4 × 2.1	Coilcraft
XEL4030-471ME	0.47 μH , $\pm 20\%$	12.3	TPS62810、 TPS62813, TPS62812	2.25MHz	4 × 4 × 3.1	Coilcraft
XEL3515-561ME	0.56 μH , $\pm 20\%$	4.5	TPS62813、 TPS62812, TPS62811	2.25MHz	3.5 × 3.2 × 1.5	Coilcraft
XFL3012-331MEB	0.33 μH , $\pm 20\%$	2.6	TPS62812, TPS62811	3.5MHz 以上	3 × 3 × 1.3	Coilcraft
XPL2010-681ML	0.68 μH , $\pm 20\%$	1.5	TPS62811	2.25MHz	2 × 1.9 × 1	Coilcraft
DfE252012PD-R47M	0.47 μH , $\pm 20\%$	データシート参照	TPS62813、 TPS62812, TPS62811	2.25MHz	2.5 × 2 × 1.2	Murata

(1) I_{RMS} (20°C上昇時) と I_{SAT} (20% 低下時) の小さい方。

(2) 「[サードパーティ製品に関する免責事項](#)」をご覧ください。

実際の動作条件を使用して最大インダクタ電流を計算すると、必要なインダクタ飽和電流の最小値が求められます。TI は約 20% のマージンを追加することを推奨しています。また、より大きなインダクタ値を使用することでリップル電流を低減できますが、その分、過渡応答時間が長くなり、サイズも大きくなります。

9.1.3 コンデンサの選択

9.1.3.1 入力コンデンサ

ほとんどのアプリケーションでは、公称 22 μF で十分であり、推奨されます。入力コンデンサは、入力電圧の過渡イベントを和らげ、また、コンバータが電源の影響を受けないようにします。最良のフィルタ処理を行うため、TI では、低 ESR の積層セラミック コンデンサ (MLCC) を推奨します。また、このコンデンサは、VIN と GND との間に、これらのピンにできるだけ近づけて配置する必要があります。

9.1.3.2 出力コンデンサ

TPS6281x は、等価直列抵抗 (ESR) の小さいセラミック コンデンサを出力コンデンサとして使用できるアーキテクチャを採用しています。出力電圧リップルを低減するため、これらのコンデンサを使うことを推奨します。高周波においても低インピーダンスを保ち、温度による容量変動を抑えるために、TI は X7R、X7T もしくはそれと同等の誘電体を使用することを推奨しています。大きな値を使うと、電圧リップルが小さくなりパワーセーブ モードでの DC 出力精度が向上するなどの利点があります。COMP/FSET 端子と GND の間に抵抗を接続してデバイスの補償設定を変更することで、出力に使用される最小容量に応じて、3 段階で補償を行うことができます。最大容量は 470 μF で、どの補償設定でもかまいません。

出力に必要な最小容量は、補償設定およびデバイスの電流定格によって決まります。TPS62810 および TPS62813 には 27 μF の最小出力キャパシタンスが必要です。低電流バージョンの TPS62812 および TPS62811 では少なくとも 15 μF が必要です。必要な出力容量も出力電圧に応じて変化します。

出力電圧が 1V 未満の場合、最小値は、TPS62810 および TPS62813 において、最小出力キャパシタンス向けの補償設定時に、1V で 32 μF から 0.6V で 53 μF まで線形に増加します。TPS62811 および TPS62812 の他の補償範囲についても同等です。表 8-1 および 表 8-2 も参照してください。

9.2 代表的なアプリケーション

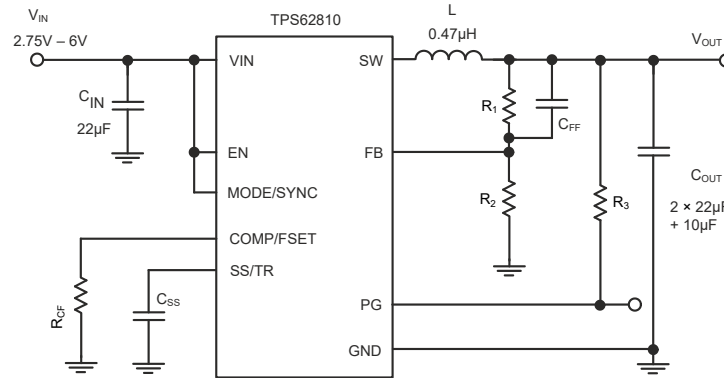


図 9-1. 代表的なアプリケーション

9.2.1 設計要件

設計ガイドラインには、推奨動作条件内でデバイスを動作させるための部品の選択が記載されています。

9.2.2 詳細な設計手順

$$R_1 = R_2 \cdot \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \quad (10)$$

$V_{FB} = 0.6V$:

表 9-2. 出力電圧の設定

公称出力電圧 V_{OUT}	R_1	R_2	C_{FF}	出力電圧の正確な値
0.8V	16.9kΩ	51kΩ	10pF	0.7988V
1.0V	20kΩ	30kΩ	10pF	1.0V
1.1V	39.2kΩ	47kΩ	10pF	1.101V
1.2V	68kΩ	68kΩ	10pF	1.2V
1.5V	76.8kΩ	51kΩ	10pF	1.5V
1.8V	80.6kΩ	40.2kΩ	10pF	1.803V
2.5V	47.5kΩ	15kΩ	10pF	2.5V
3.3V	88.7kΩ	19.6kΩ	10pF	3.315V

9.2.3 アプリケーション曲線

特に記述のない限り、すべてのプロットは PWM モードに設定されているときの公称スイッチング周波数 2.25MHz で測定されています。BOM は、表 7-1 に従っています。

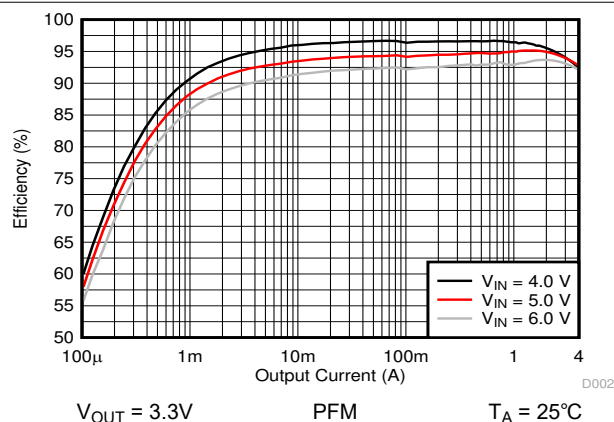


図 9-2. 効率と出力電流との関係

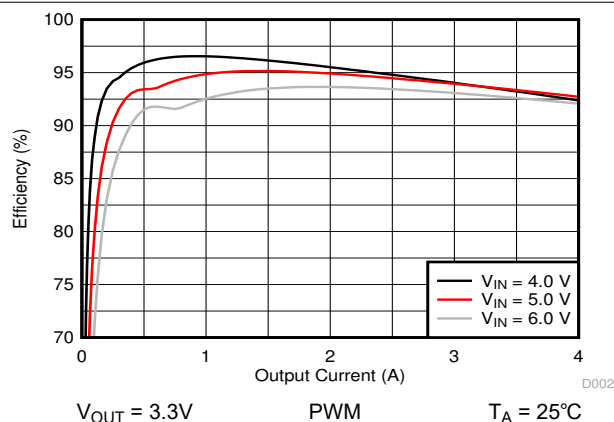


図 9-3. 効率と出力電流との関係

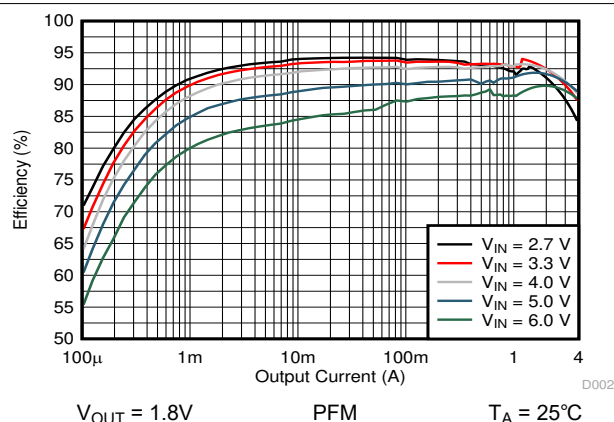


図 9-4. 効率と出力電流との関係

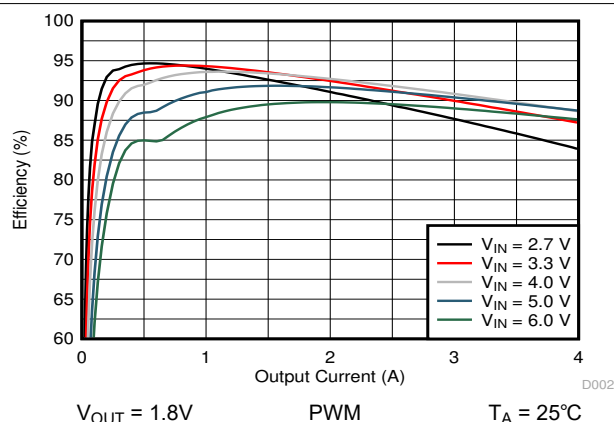


図 9-5. 効率と出力電流との関係

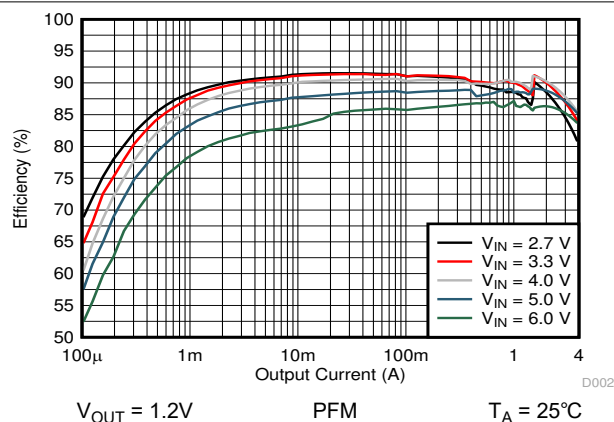


図 9-6. 効率と出力電流との関係

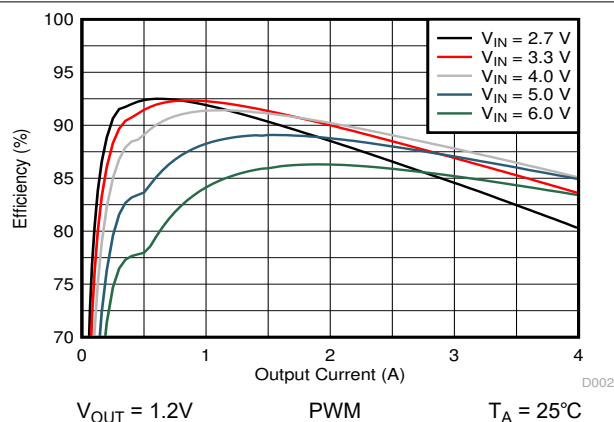


図 9-7. 効率と出力電流との関係

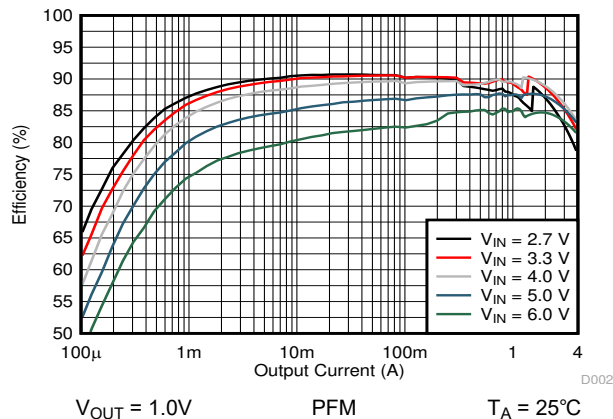


図 9-8. 効率と出力電流との関係

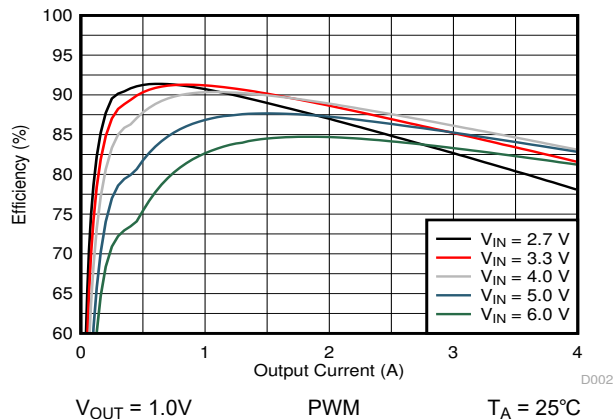


図 9-9. 効率と出力電流との関係

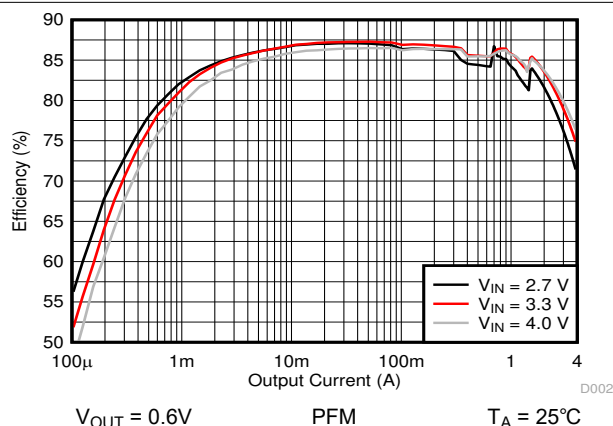


図 9-10. 効率と出力電流との関係

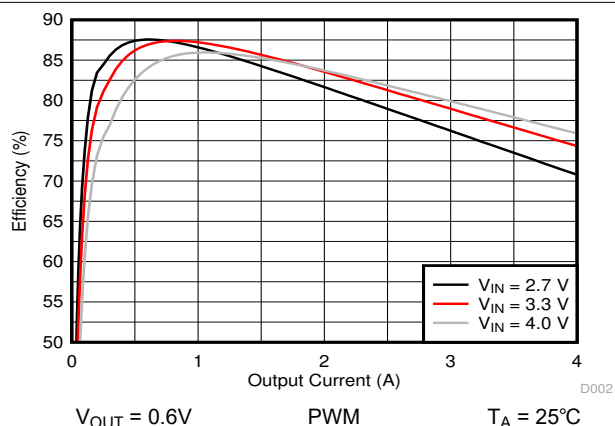


図 9-11. 効率と出力電流との関係

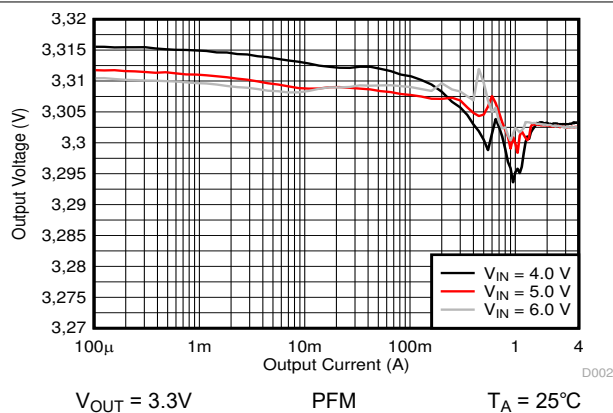


図 9-12. 出力電圧と出力電流との関係

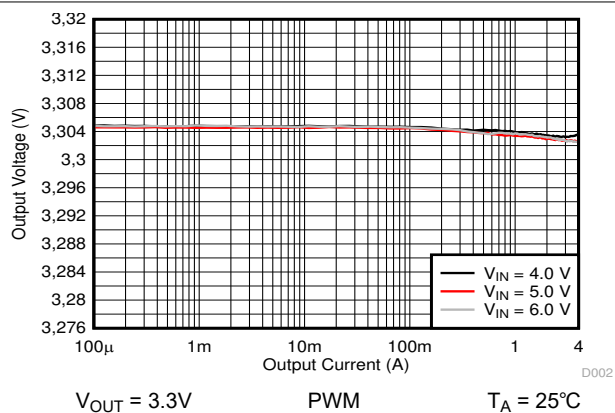


図 9-13. 出力電圧と出力電流との関係

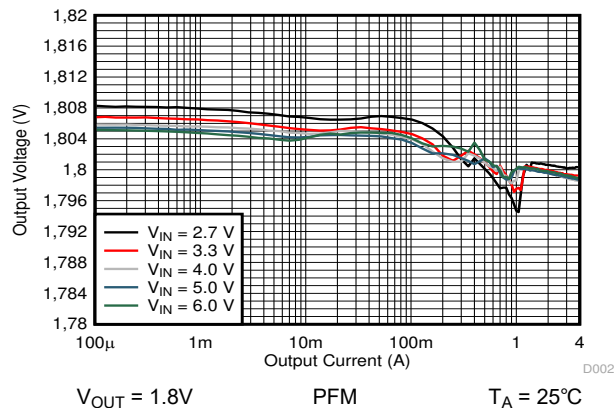


図 9-14. 出力電圧と出力電流との関係

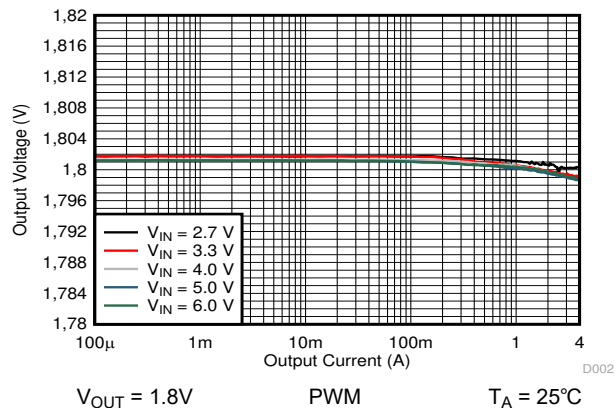


図 9-15. 出力電圧と出力電流との関係

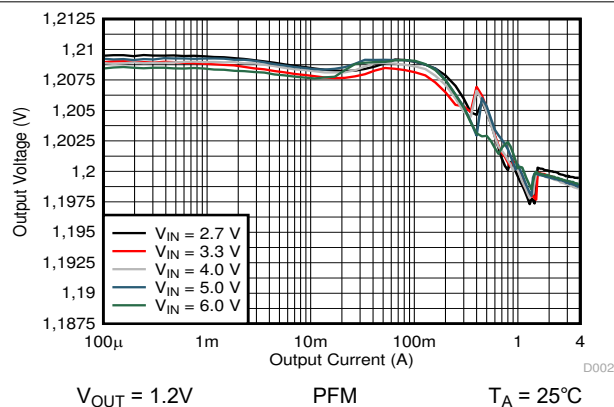


図 9-16. 出力電圧と出力電流との関係

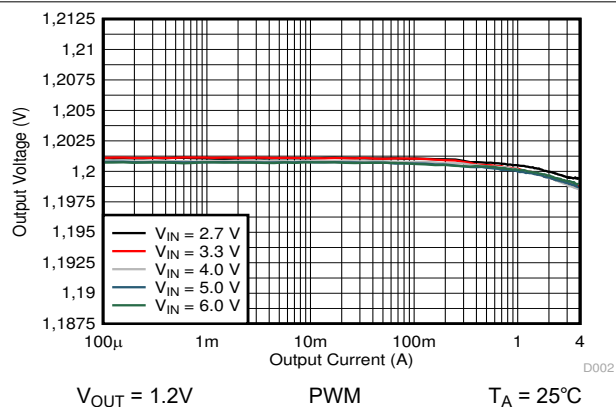


図 9-17. 出力電圧と出力電流との関係

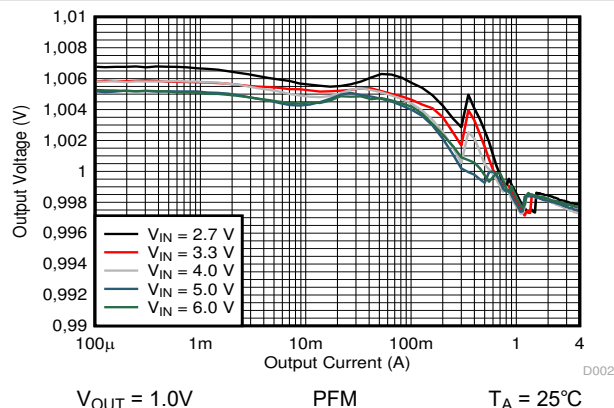


図 9-18. 出力電圧と出力電流との関係

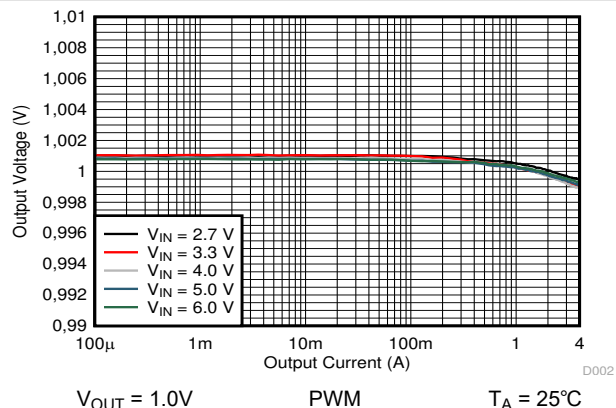


図 9-19. 出力電圧と出力電流との関係

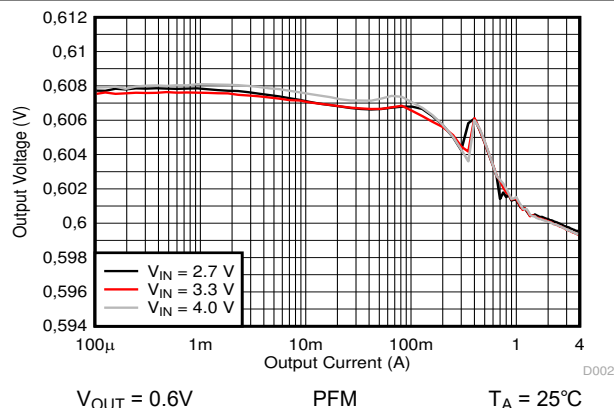


図 9-20. 出力電圧と出力電流との関係

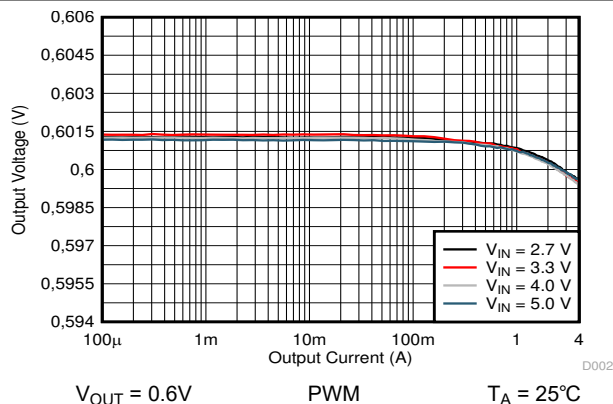


図 9-21. 出力電圧と出力電流との関係

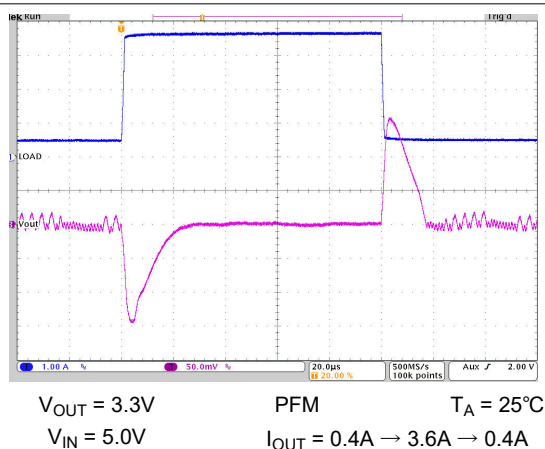


図 9-22. 負荷過渡応答

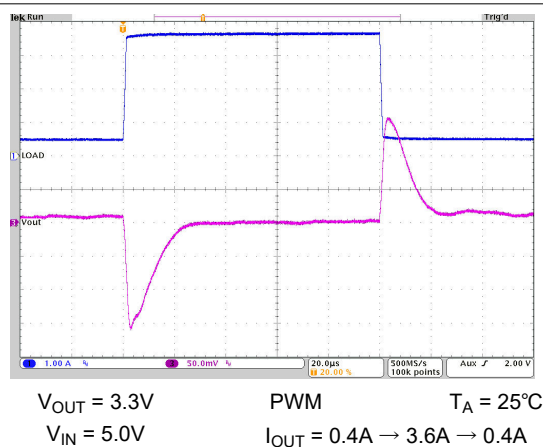


図 9-23. 負荷過渡応答

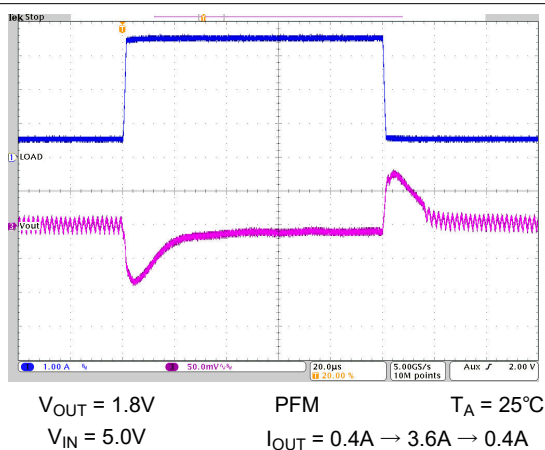


図 9-24. 負荷過渡応答

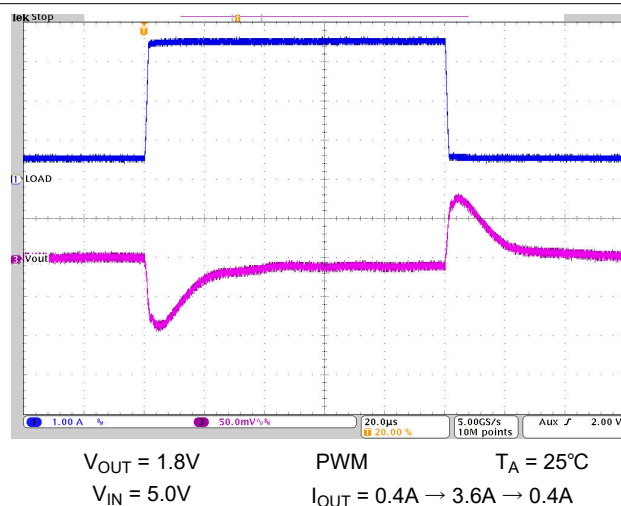
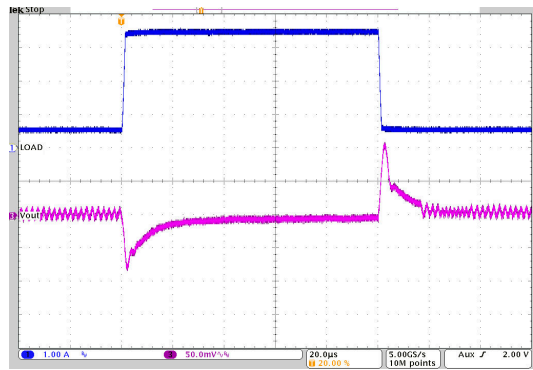
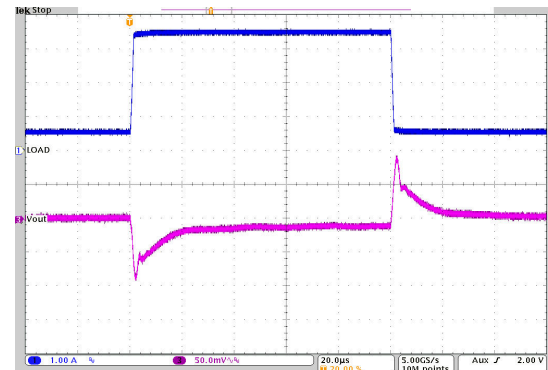


図 9-25. 負荷過渡応答



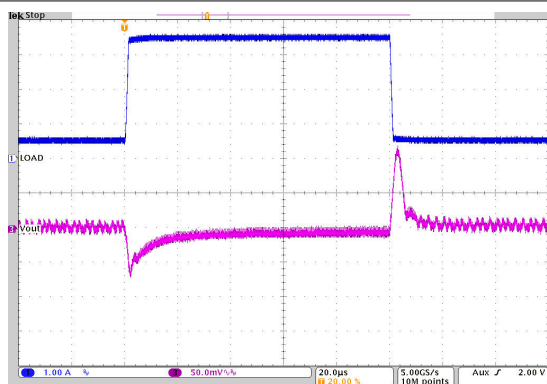
$V_{OUT} = 1.2V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A \rightarrow 3.6A \rightarrow 0.4A$

図 9-26. 負荷過渡応答



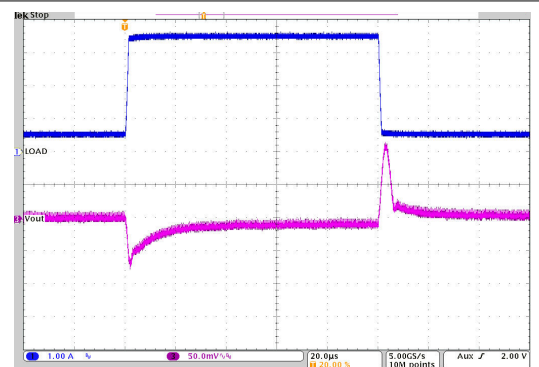
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A \rightarrow 3.6A \rightarrow 0.4A$

図 9-27. 負荷過渡応答



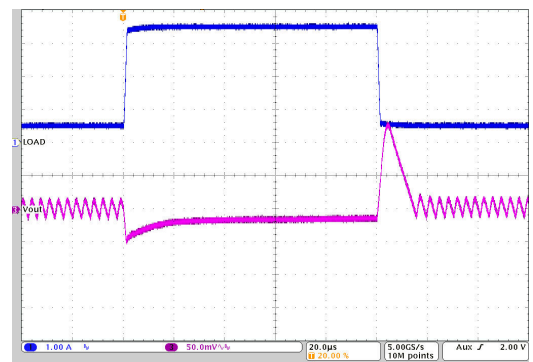
$V_{OUT} = 1.0V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A \rightarrow 3.6A \rightarrow 0.4A$

図 9-28. 負荷過渡応答



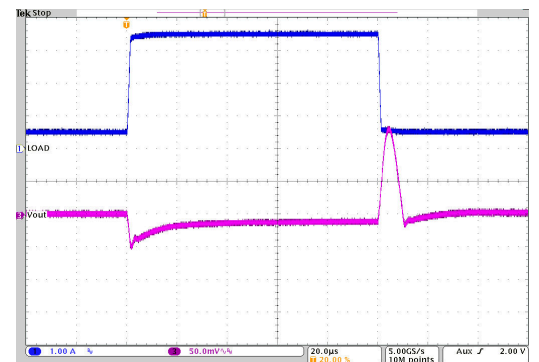
$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A \rightarrow 3.6A \rightarrow 0.4A$

図 9-29. 負荷過渡応答



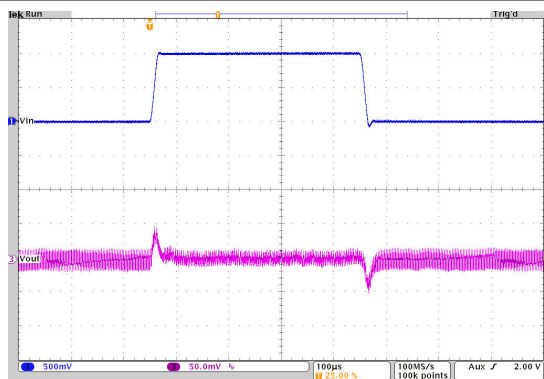
$V_{OUT} = 0.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 3.3V$ $I_{OUT} = 0.4A \rightarrow 3.6A \rightarrow 0.4A$

図 9-30. 負荷過渡応答



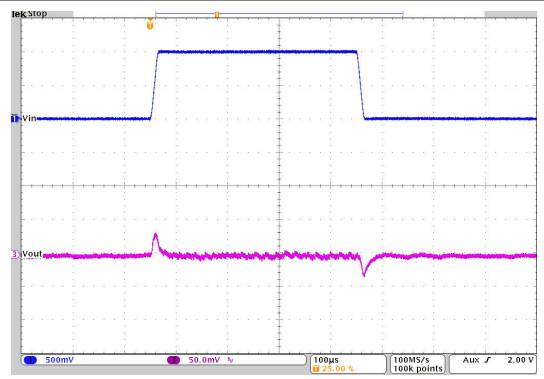
$V_{OUT} = 0.6V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 3.3V$ $I_{OUT} = 0.4A \rightarrow 3.6A \rightarrow 0.4A$

図 9-31. 負荷過渡応答



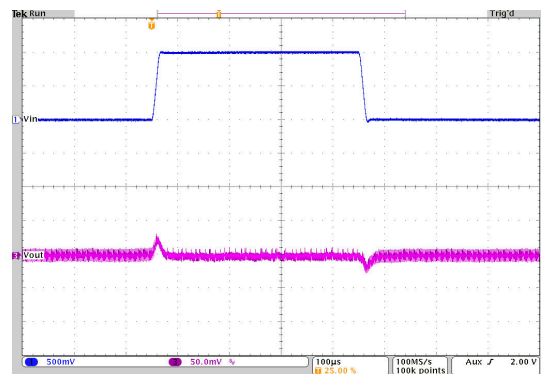
$V_{OUT} = 3.3V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-32. ライン過渡応答



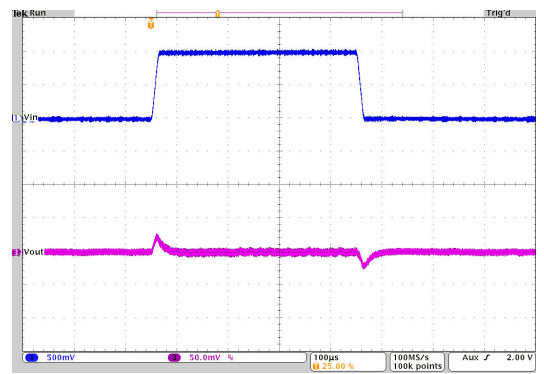
$V_{OUT} = 3.3V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-33. ライン過渡応答



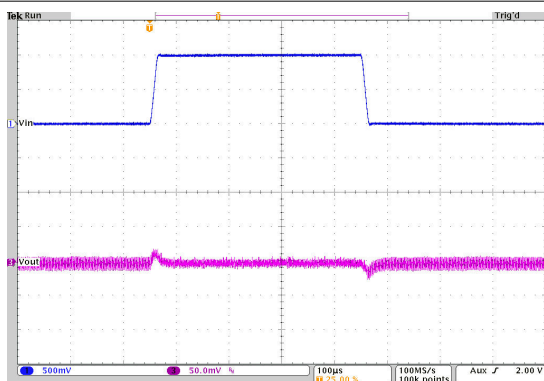
$V_{OUT} = 1.8V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-34. ライン過渡応答



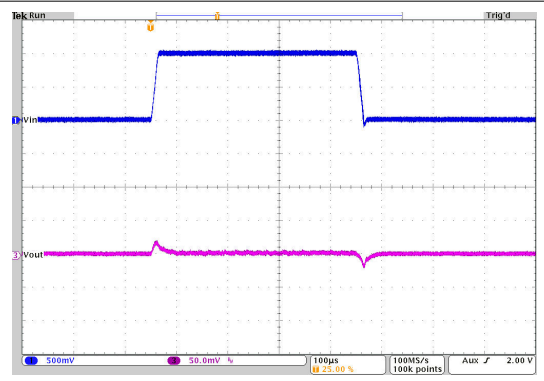
$V_{OUT} = 1.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-35. ライン過渡応答



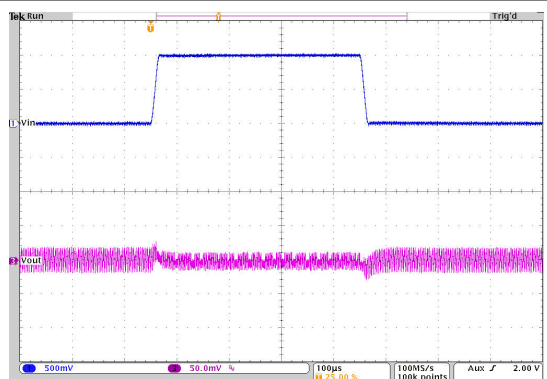
$V_{OUT} = 1.2V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-36. ライン過渡応答



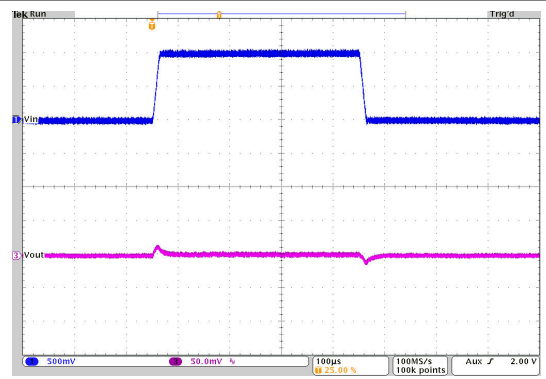
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-37. ライン過渡応答



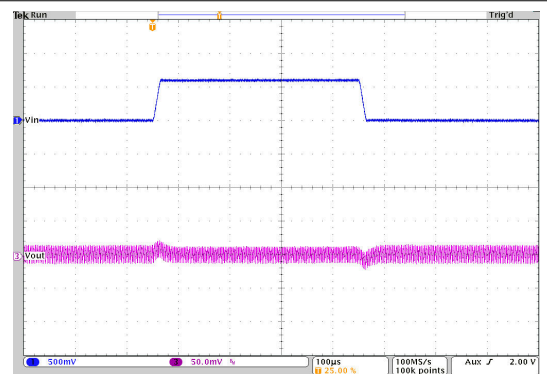
$V_{OUT} = 1.0V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-38. ライン過渡応答



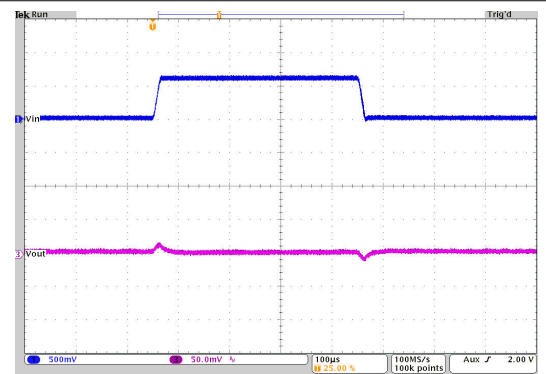
$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V \rightarrow 5.5V \rightarrow 4.5V$

図 9-39. ライン過渡応答



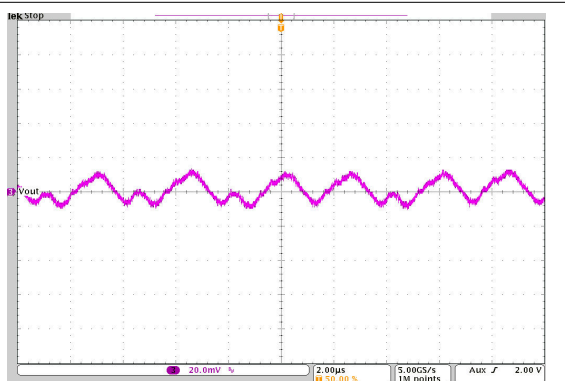
$V_{OUT} = 0.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 3.0V \rightarrow 3.6V \rightarrow 3.0V$

図 9-40. ライン過渡応答



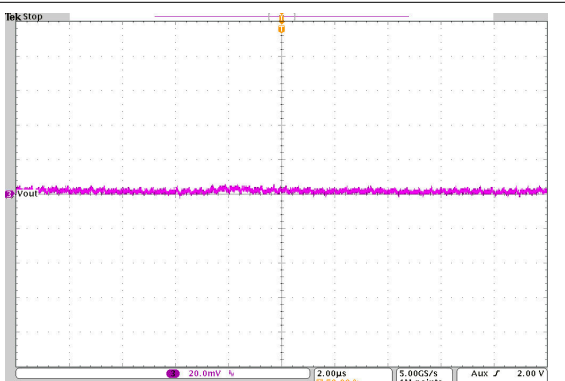
$V_{OUT} = 0.6V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 3.0V \rightarrow 3.6V \rightarrow 3.0V$

図 9-41. ライン過渡応答



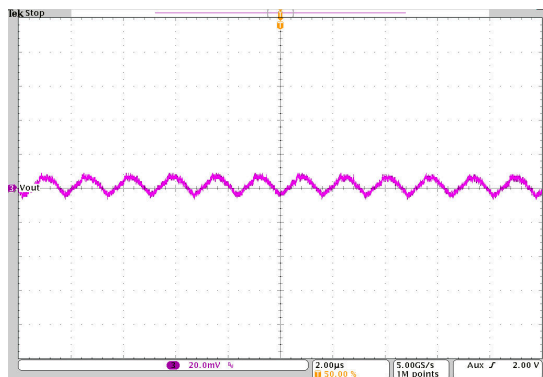
$V_{OUT} = 3.3V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-42. 出力電圧リップル



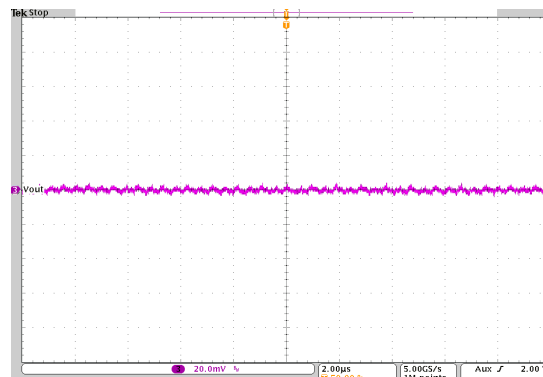
$V_{OUT} = 3.3V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-43. 出力電圧リップル



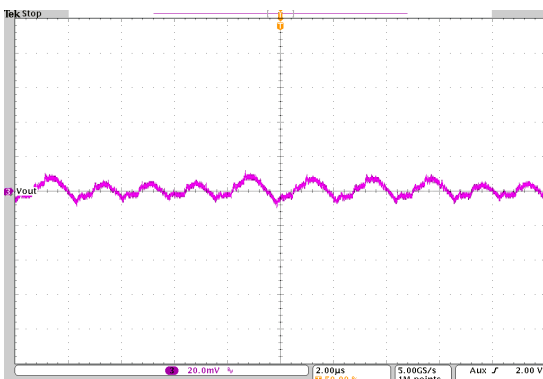
$V_{OUT} = 1.8V$ PFM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-44. 出力電圧リップル



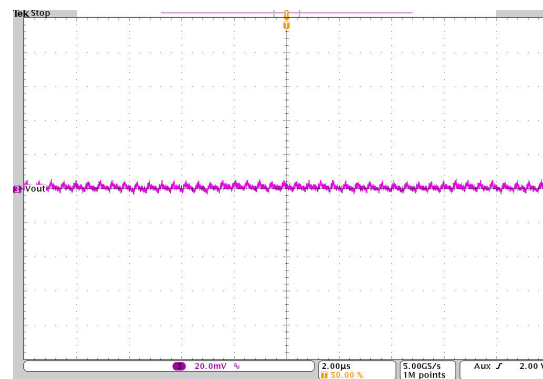
$V_{OUT} = 1.8V$ PWM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-45. 出力電圧リップル



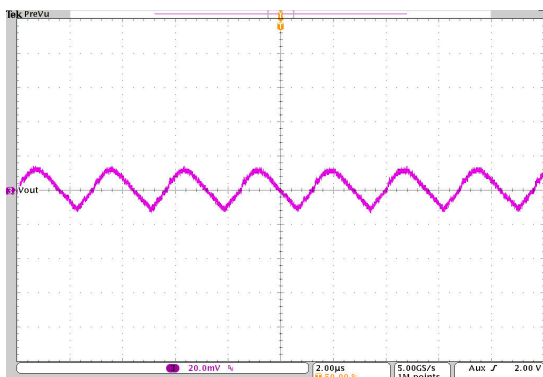
$V_{OUT} = 1.2V$ PFM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-46. 出力電圧リップル



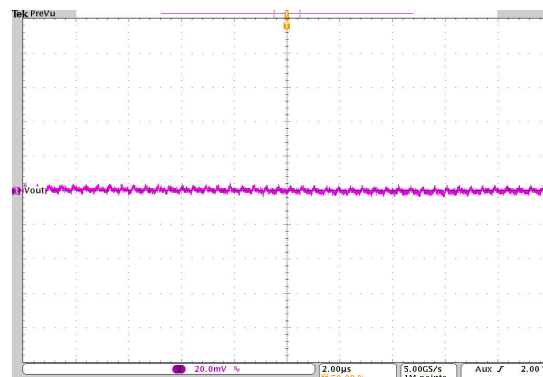
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-47. 出力電圧リップル



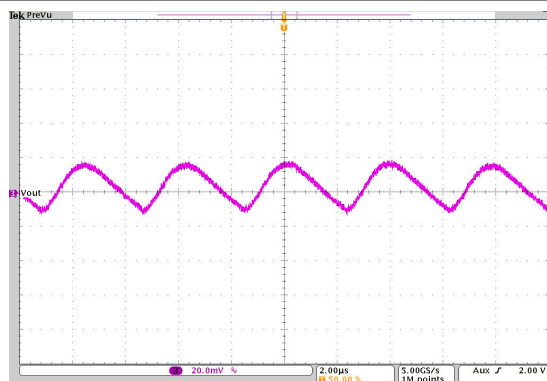
$V_{OUT} = 1.0V$ PFM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-48. 出力電圧リップル



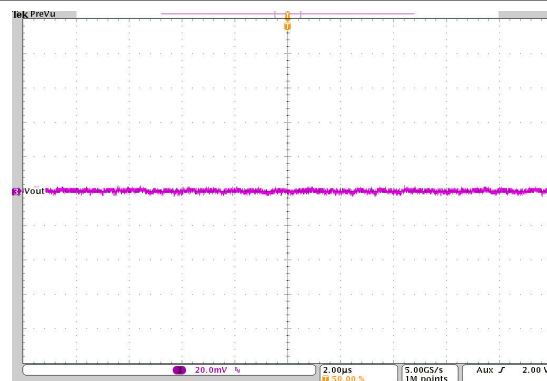
$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

図 9-49. 出力電圧リップル



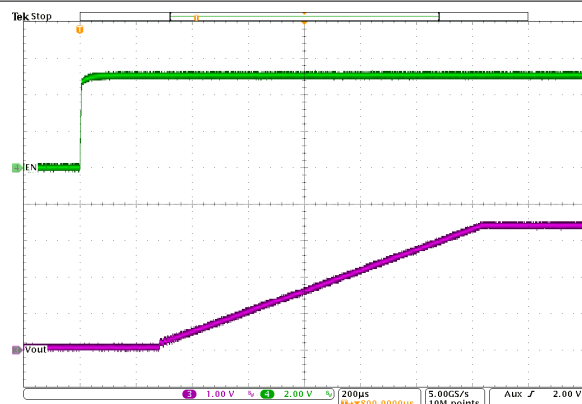
$V_{OUT} = 0.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 3.3V$ BW = 20MHz

図 9-50. 出力電圧リップル



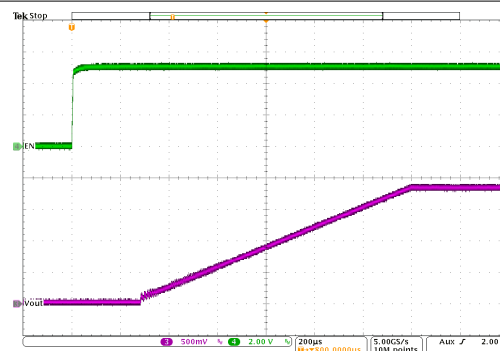
$V_{OUT} = 0.6V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 3.3V$ BW = 20MHz

図 9-51. 出力電圧リップル



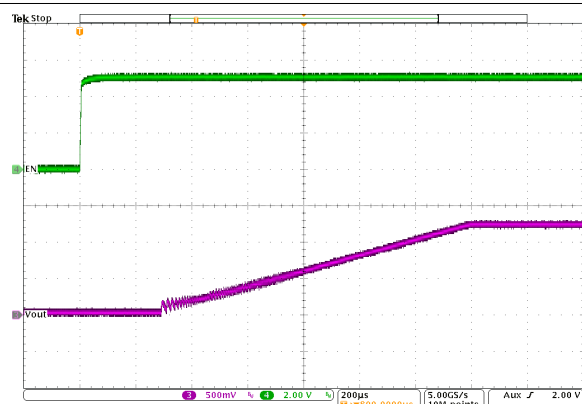
$V_{OUT} = 3.3V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

図 9-52. 起動タイミング



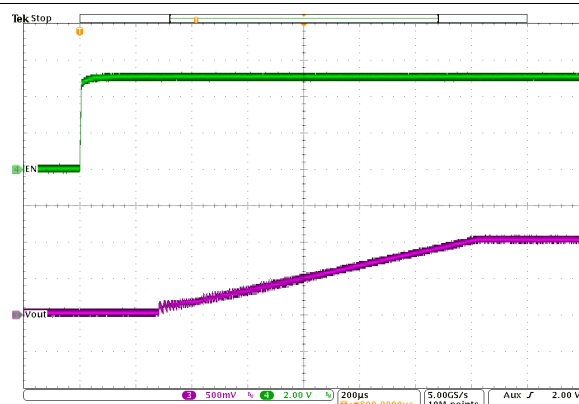
$V_{OUT} = 1.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

図 9-53. 起動タイミング



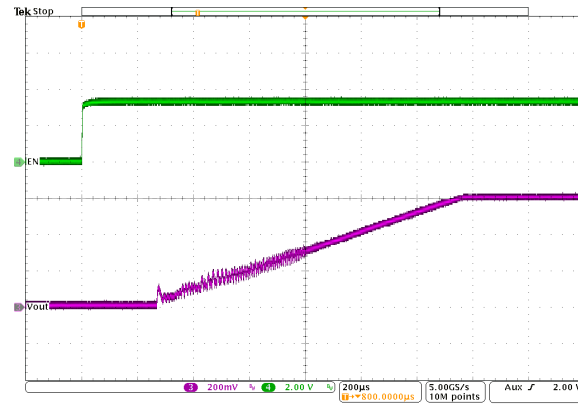
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

図 9-54. 起動タイミング



$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

図 9-55. 起動タイミング



$V_{OUT} = 0.6V$ PWM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 3.3V$ $C_{SS} = 4.7nF$

図 9-56. 起動タイミング

9.3 システム例

9.3.1 固定出力電圧バージョン

内部で固定出力電圧が設定されているバージョンでは、外部のフィードバック用抵抗分圧器を省略することができます。この機能により、ユーザーは回路全体の設計サイズを小さくできるだけでなく、外部の抵抗分圧器による追加の誤差が発生しないため、より高い精度も得られます。図 9-57 に示すように、FB ピンは出力電圧に直接接続する必要があります。それとは無関係に、示されているアプリケーションは、COMP/FSET を GND に接続することで、内部で設定された 2.25 MHz のスイッチング周波数で動作します。

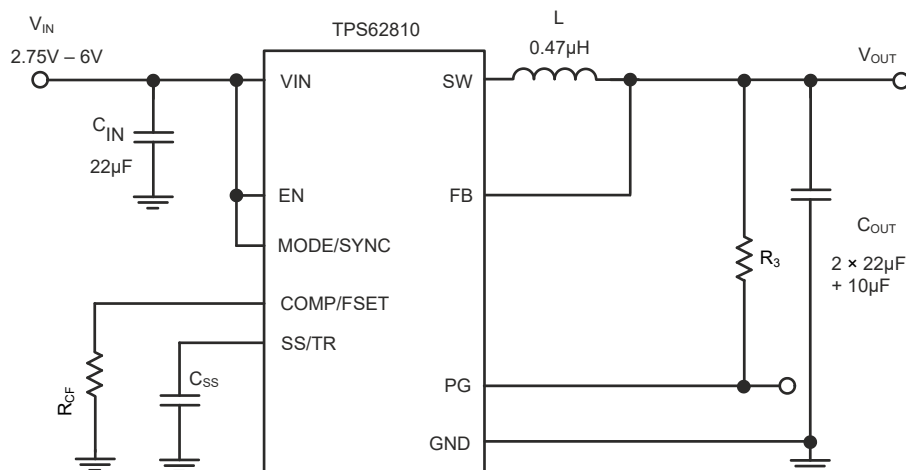


図 9-57. 固定出力電圧バージョンの回路図

9.3.2 電圧トラッキング

TPS6281x は、SS/TR ピンに印加される電圧に追従します。SS/TR 端子に 0.6 V までの電圧ランプを印加すると、0.6 V の電圧に基づいて出力電圧がランプ状に立ち上がります。

デバイス 1 の 3.3V に追従して、両方の電源レールが同時に目標電圧に到達するようにするには、デバイス 2 の SS/TR に接続する抵抗分圧器を、デバイス 1 の出力電圧用分圧器と同じ構成にする必要があります。SS/TR ピンからの 2.5 µA の出力電流により、 R_5 と R_6 で構成された抵抗分圧回路にオフセット電圧が生じます。 $R_5 \parallel R_6$ の等価抵抗なので、15kΩ よりも低く保ちます。SS/TR からの電流によって R_6 両端の電圧が 0.6V よりわずかに高くなります。これは望ましい動作です。デバイス 2 は SS/TR の電圧が 0.6V を超えるとすぐに内部リファレンスに切り替わるためです。

両方のデバイスを強制 PWM モードで動作させる必要がある場合、TI は、デバイス 2 の MODE ピンを、プライマリ デバイスであるデバイス 1 の出力電圧またはパワー グッド信号に接続することを推奨しています。TPS6281x には、最小オン時間で定義されるデューティサイクル制限があります。低出力電圧までのトラッキングでは、最小デューティ サイクルに達するとデバイス 2 が追従することはできません。トラッキング実行中に PFM モードを有効にすると、出力電圧を 0V 近くまで下降できます。

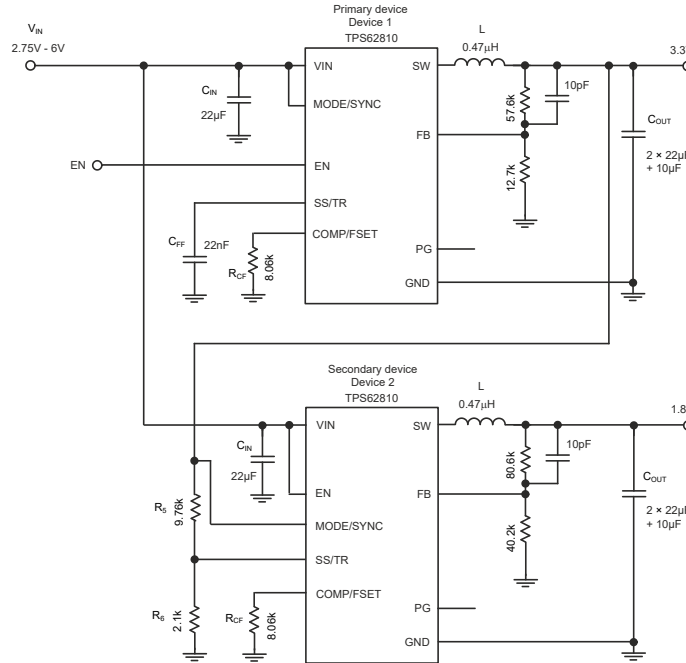


図 9-58. 出力電圧トラッキングの回路図

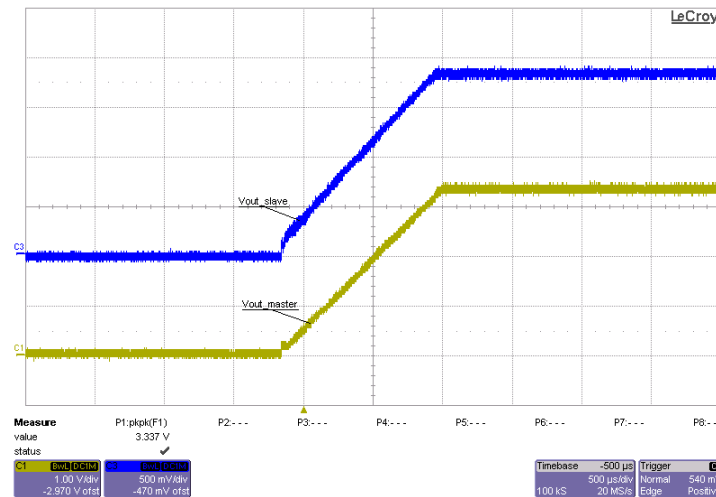


図 9-59. 出力電圧トラッキングのスコーププロット

9.3.3 外部クロックへの同期

TPS6281x は、MODE/SYNC ピンに外部クロックを印加することで、外部から同期させることができます。入力信号が電氣的仕様に記載されている要件を満たす限り、追加回路は必要ありません。クロック信号は動作中に印加や除去することが可能であり、これによりユーザーは外部で定義された固定周波数から、省電力モードまたは内部固定周波数動作へ切り替えることができます。 R_{CF} 抵抗の値は、内部で定義される周波数と外部から印加される周波数が互いに近い値になるように選択する必要があります。この動作により、内部周波数から外部周波数へ、またはその逆の周波数からのスムーズな遷移が保証されます。

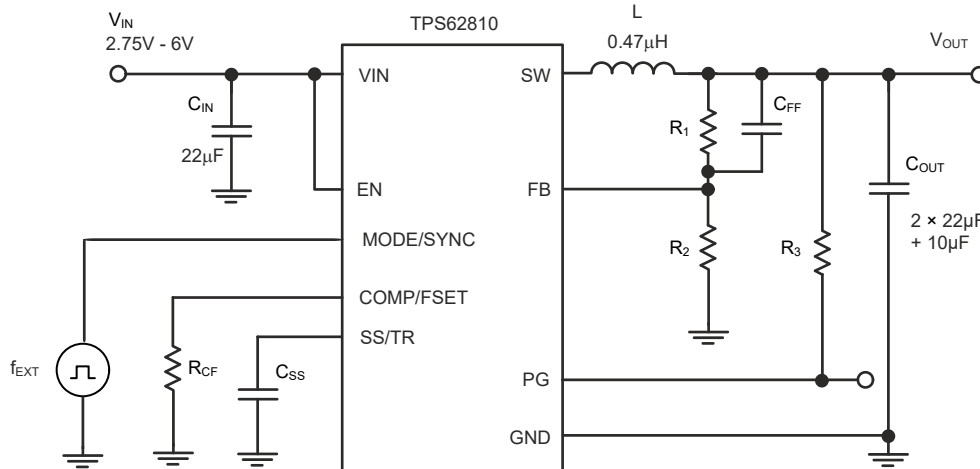


図 9-60. 外部同期を使用した回路図

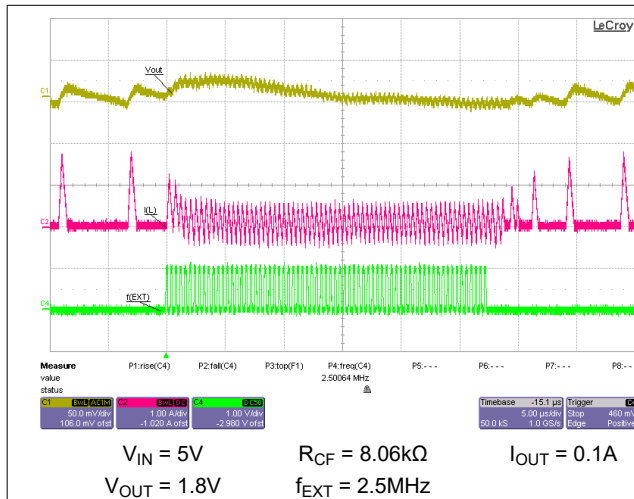


図 9-61. 外部同期からパワーセーブモード (PFM) へのスイッチング

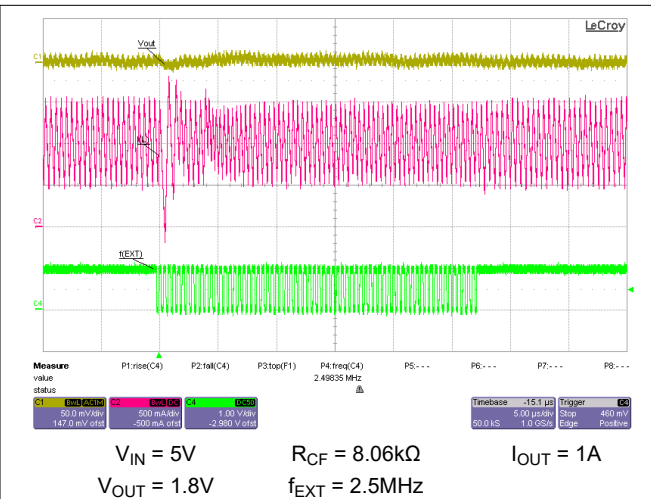


図 9-62. 外部同期から内部固定周波数へのスイッチング

9.4 電源に関する推奨事項

TPS6281x デバイス ファミリーには、入力電源に対する特別な要件はありません。入力電源の出力電流は、TPS6281x 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。

9.5 レイアウト

9.5.1 レイアウトのガイドライン

さらに高いスイッチング周波数でスイッチ モード電源を動作させるには、適切なレイアウトが非常に重要です。したがって、確実に動作させ、仕様に規定された性能を達成するため、TPS6281x の PCB レイアウトでは細心の注意が必要です。レイアウトが不適切な場合、レギュレーション性能の低下 (ラインと負荷の両方)、安定性と精度の低下、EMI 放射の増加、ノイズ感度の増加などの問題につながる可能性があります。

一般的な外部グランド接続を行うように設計された TPS6281x の推奨レイアウトについては、[レイアウト例](#)を参照してください。入力コンデンサは、VIN ピンと GND ピンとの間に、できるだけ近づけて配置する必要があります。

di/dt の大きいループの経路は、インダクタンスと抵抗が小さくなるようにします。そのため、スイッチング負荷電流が流れる経路は、できるだけ短く、かつ幅広くする必要があります。dv/dt の大きい配線経路は、(その他のすべてのノードに対す

る) 容量が小さくなるようにします。そのため、入力および出力容量を IC ピンにできる限り近づけて配置し、長距離にわたる並列配線や狭いトレースを避ける必要があります。交流電流を流すループに囲まれた領域から放射されるエネルギーは、その領域の面積に比例するため、その面積をできるだけ小さくする必要があります。

敏感なノード (FB など) は、短い配線で接続し、 dv/dt の大きい信号 (SW など) に近づけないようにする必要があります。敏感なノードは出力電圧に関する情報を伝達するため、実際の出力電圧 (出力コンデンサ) にできるだけ近い場所に接続する必要があります。SS/TR ピンのコンデンサと FB 抵抗 (R_1 , R_2) は、IC の近くに配置し、これらのピンとシステム グランドプレーンに直接接続する必要があります。

このパッケージでは、電力を放散する目的でピンを使用します。VIN および GND ピンのサーマル ビアは、PCB を通して熱を拡散させるのに有効です。

推奨レイアウトは EVM に実装されており、[TPS62810EVM-015 評価基板ユーザズガイド](#)に記載されています。

9.5.2 レイアウト例

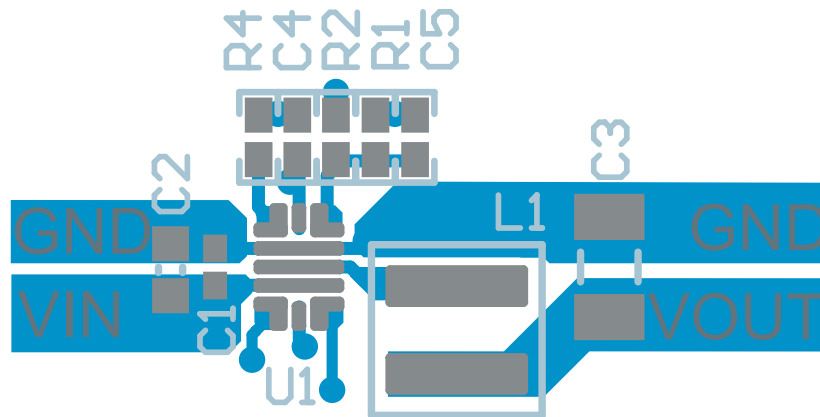


図 9-63. レイアウト例

10 デバイスおよびドキュメントのサポート

10.1 デバイス サポート

10.1.1 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。

10.2 ドキュメントのサポート

10.2.1 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、『[TPS62810EVM-015 評価基板 ユーザー ガイド](#)』

10.3 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。

10.4 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。

10.5 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。

10.6 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。

10.7 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。

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 * (November 2022) to Revision A (August 2026)	Page
• データシートの最初の公開リリース.....	1
• ドキュメントのステータスを「プロダクション ミックス」から「完全量産データ」に変更.....	1
• 旧式の用語のすべての使用箇所を、「プライマリ デバイス」および「セカンダリ デバイス」に更新.....	1
• 「特長」に機能安全対応の箇条書き項目と外部リンクを追加	1
• 産業用デバイスの「アプリケーション」リストを更新	1
• ドキュメントに TPS62811 を追加.....	1
• TPS62810 と TPS62812 のステータスを「製品プレビュー」から「量産データ」に変更.....	1
• ドキュメント全体を通してすべての回路図でデバイス名を更新.....	1
• 「デバイス比較表」に新しい出力電流バージョンを追加	3
• RCF パラメータに説明を追加.....	5

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)
TPS62810RWYR	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	810
TPS62811RWYR	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	811
TPS62812RWYR	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	812
TPS62813RWYR	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	813

⁽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.

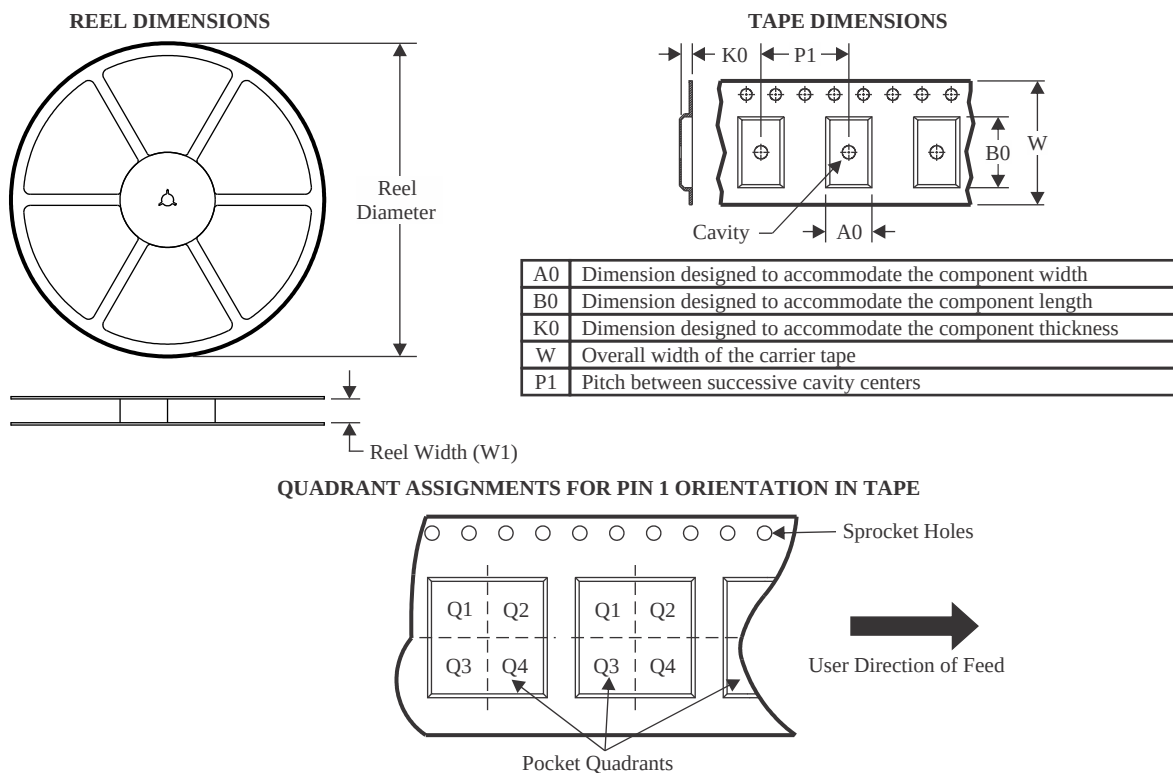
OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TPS62810, TPS62811, TPS62812, TPS62813 :

- Automotive : [TPS62810-Q1](#), [TPS62811-Q1](#), [TPS62812-Q1](#), [TPS62813-Q1](#)
- Enhanced Product : [TPS62810-EP](#), [TPS62811-EP](#), [TPS62812-EP](#), [TPS62813-EP](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects
- Enhanced Product - Supports Defense, Aerospace and Medical Applications

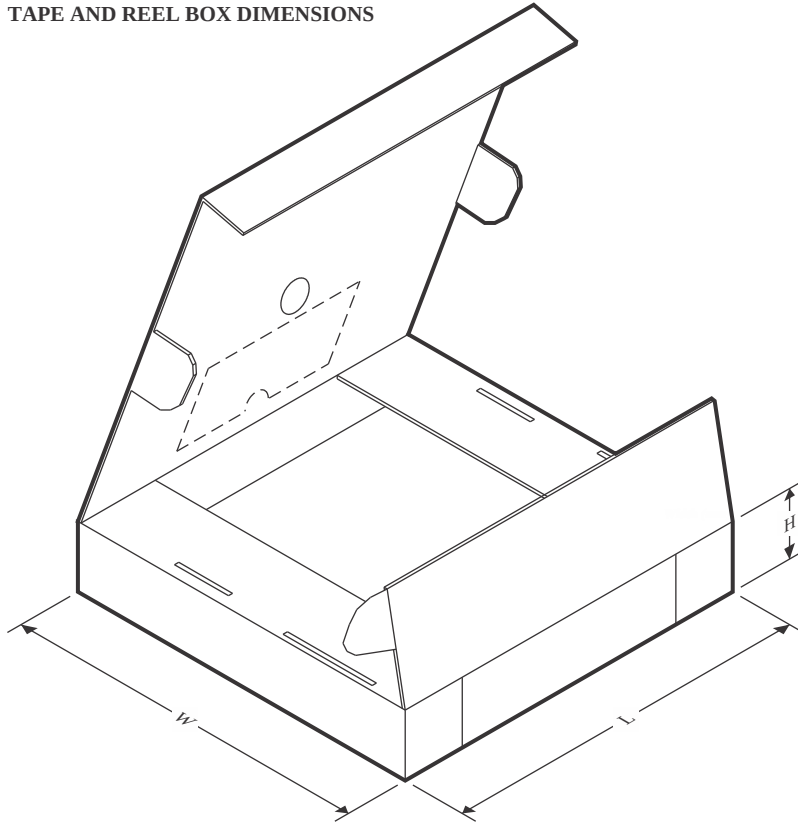
TAPE AND REEL INFORMATION



*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
TPS62810RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	180.0	8.4	2.25	3.25	1.05	4.0	8.0	Q1
TPS62811RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	180.0	8.4	2.25	3.25	1.05	4.0	8.0	Q1
TPS62812RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	180.0	8.4	2.25	3.25	1.05	4.0	8.0	Q1
TPS62813RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	180.0	8.4	2.25	3.25	1.05	4.0	8.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS62810RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	210.0	185.0	35.0
TPS62811RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	210.0	185.0	35.0
TPS62812RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	210.0	185.0	35.0
TPS62813RWYR	VQFN-HR	RWY	9	3000	210.0	185.0	35.0

GENERIC PACKAGE VIEW

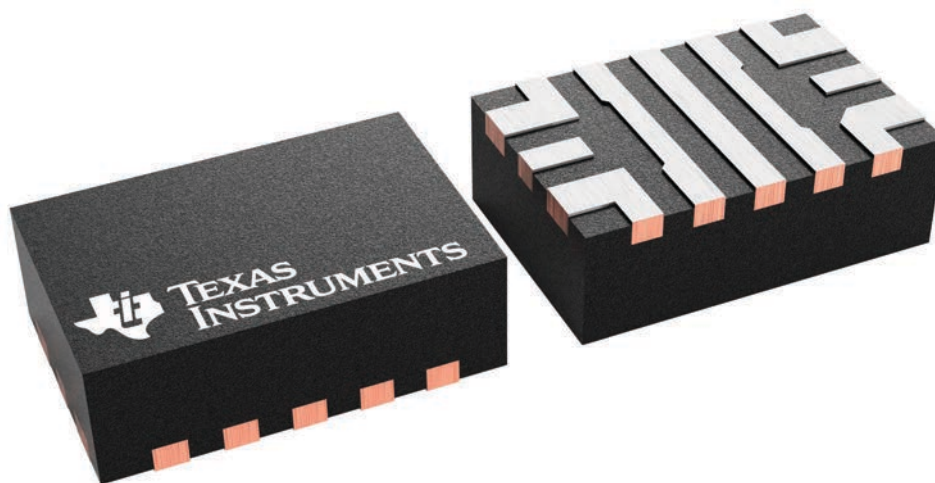
RWY 9

VQFN-HR - 1 mm max height

2 x 3, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4226729/A

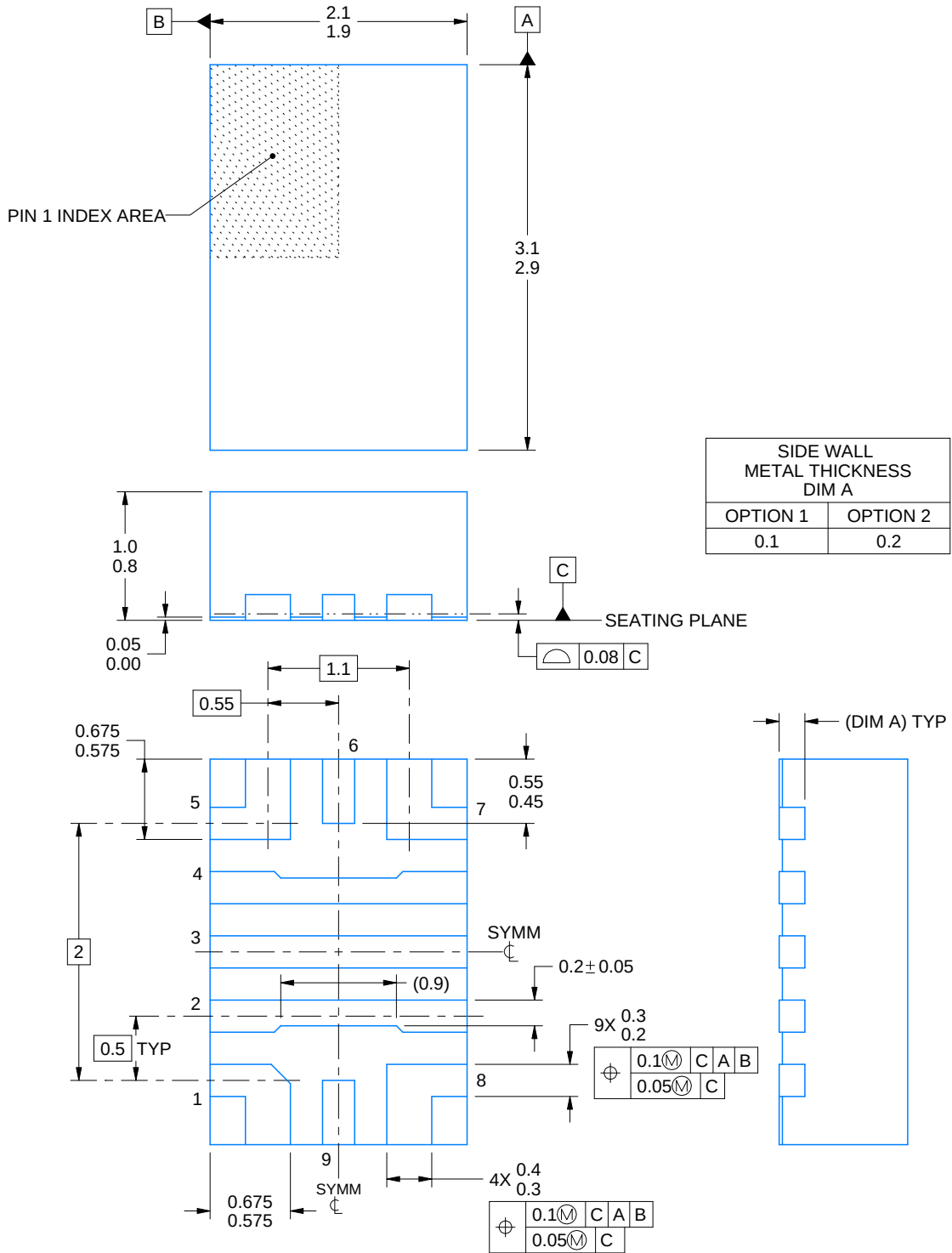
RWY0009B



PACKAGE OUTLINE

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4226695/B 06/2022

NOTES:

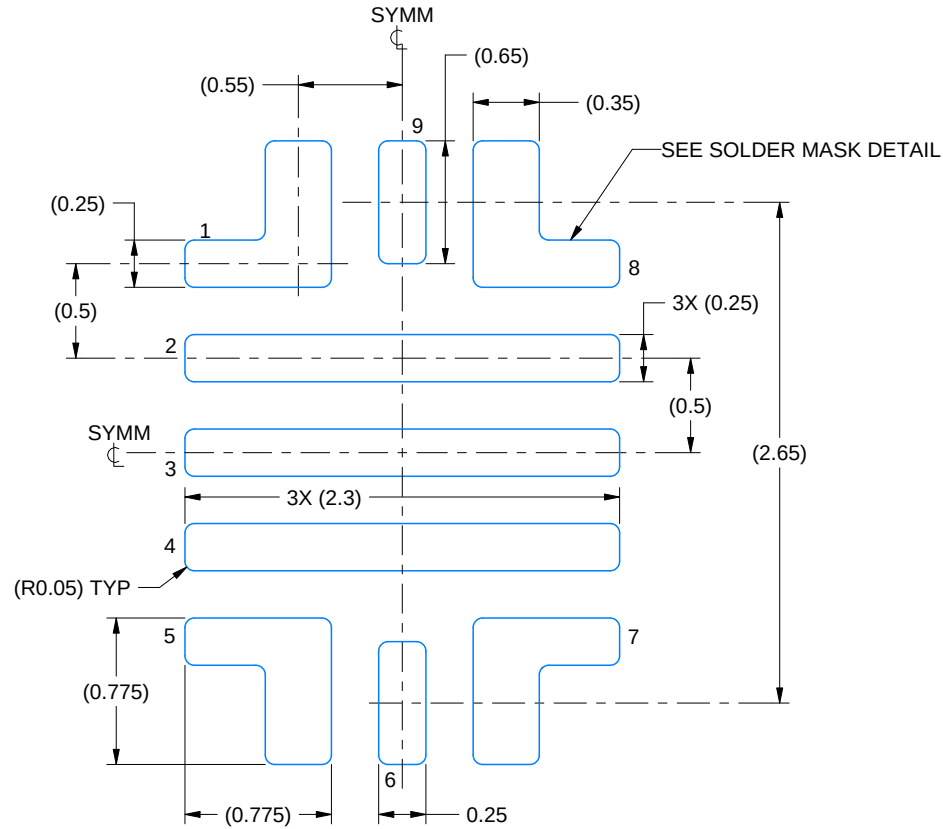
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

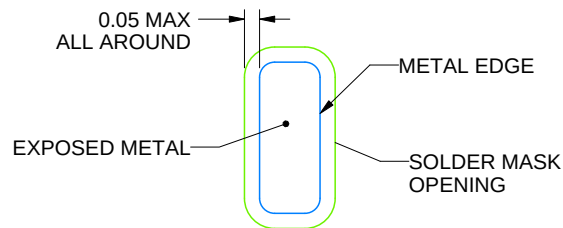
RWY0009B

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 25X



NON SOLDER MASK
DEFINED
SOLDER MASK DETAIL

4226695/B 06/2022

NOTES: (continued)

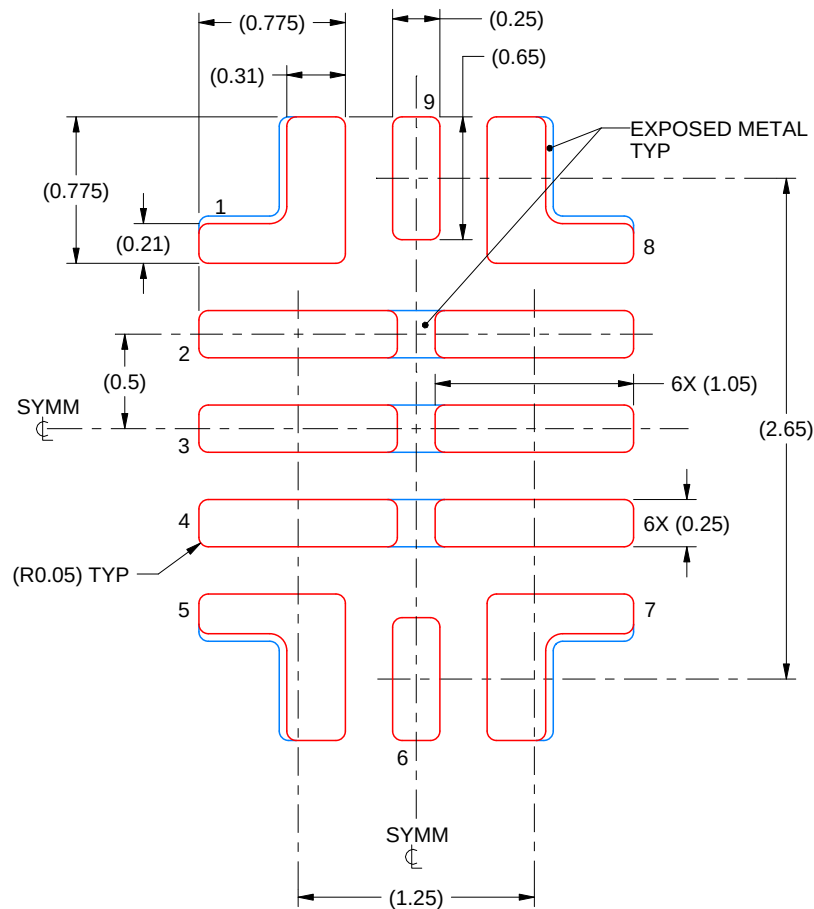
- This package is designed to be soldered to thermal pads on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
- Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RWY0009B

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
PADS 1, 5, 7 & 8:
90% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE: 25X

4226695/B 06/2022

NOTES: (continued)

5. 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