

Application Note

TPS546x24y ファミリで 5.5V を超える出力電圧を実現する方法

Caleb Perez

概要

TPS546x24y ファミリは、VOSNS ピンを使用して出力電圧を検出し、閉ループ制御を行います。VOSNS ピンは 5.5V に制限されているため、より高い出力電圧が必要なアプリケーションでは、外付けの抵抗デバイダを使用して、帰還信号をスケールリングする必要があります。このアプリケーション ノートでは、出力電圧が 5.5V を超える場合の VOSNS 抵抗デバイダの設計方法と、遠隔測定、故障処理、設計上の制限に及ぼす影響について説明します。

目次

1 概要.....	2
2 理論.....	2
3 設計例.....	4
3.1 設計要件.....	4
3.2 回路図.....	5
3.3 性能プロット.....	5
4 遠隔測定.....	13
5 過電圧および低電圧保護.....	14
6 制約.....	16
7 まとめ.....	16
8 参考資料.....	17

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 概要

TPS546x24y 同期整流降圧コンバータファミリは、VOSNS ピンを使用して出力電圧を検出し、閉ループ制御を行います。出力電圧は、内部の帰還分圧器を調整することによりデジタル的に設定されるため、外部の帰還抵抗は不要です。VOSNS ピンの絶対最大定格は 5.5V で、出力電圧をこの制限より高い値にプログラムすることはできません。5.5V を超える出力電圧を必要とするアプリケーションでは、V_{OUT} ネットと VOSNS ピンの間に外付けの抵抗デバイダを使用して、検出電圧をピンの動作範囲内にスケールリングする必要があります。これにより、内部の帰還コンパレータはより高い出力電圧を適切にレギュレートできます。このアプリケーション ノートでは、出力電圧が 5.5V を超える場合に VOSNS 抵抗デバイダを設計する方法、デバイダがレギュレーションの精度、遠隔測定、故障処理、実際のレイアウト上の検討事項に及ぼす影響について説明します。このアプリケーション ノートが適用されるすべての型番のリストを、表 1-1 に示します。

表 1-1. 適用される型番

型番
SN546D24A
TPS546A24A
TPS546A24S
TPS546B24A
TPS546B24S
TPS546D24A
TPS546D24S
TPS546D24Z
TPSM8D6B24
TPSM8D6C24
TPSM8S6B24S
TPSM8S6C24S

2 理論

目的の出力電圧が 5.5V を超える場合、V_{OUT} ネットと VOSNS ピンとの間に外付け抵抗デバイダを配置して、ピンの動作範囲内に帰還信号をスケールリングする必要があります。このデバイダは、標準的な分圧の式に従います。

$$V_{\text{VOSNS}} = V_{\text{OUT}} \times \frac{R_{\text{BOTTOM}}}{R_{\text{TOP}} + R_{\text{BOTTOM}}} \quad (1)$$

ここで、R_{TOP} は V_{OUT} と VOSNS ピンの間に接続され、R_{BOTTOM} は VOSNS ピンと GND の間に接続されます。

TPS546x24y には、VOSNS と GOSNS 間に内部抵抗デバイダが備わっており、その公称抵抗値は 130kΩ (85kΩ ~ 165kΩ) です。このデバイダは、外部の抵抗デバイダに対する負荷として作用します。このため、予測される V_{OUT} に大きな偏差が生じないよう、帰還分圧抵抗の抵抗値は 1kΩ 未満にする必要があります。セクション 3 の設計例では、R_{TOP} として 255Ω の抵抗、R_{BOTTOM} として 1.02kΩ の抵抗を使用しています。この回路は感度が高いため、VOSNS ピンに抵抗デバイダを使用する設計では、許容差が ±0.5% 未満の抵抗を使用することを推奨します。

R_{TOP} と R_{BOTTOM} を選択したら、想定する全出力電圧範囲にわたり、分圧後の VOSNS ピン電圧がデバイスの設定可能な出力電圧範囲である 0.25V ~ 5.5V 以内に収まっていることを確認してください。プログラムされた最大出力電圧で、V_{VOSNS} が 5.5V を超えないようにする必要があります。プログラムされた最小出力電圧で、V_{VOSNS} が 0.25V を下回らないようにする必要があります。

目標の V_{OUT(max)} と選択した R_{BOTTOM} から R_{TOP} を求める式は次のようになります。

$$V_{\text{VOSNS}} = V_{\text{OUT}} \times \frac{R_{\text{BOTTOM}}}{R_{\text{TOP}} + R_{\text{BOTTOM}}} \quad (2)$$

ここで、V_{VOSNS(max)} = 5.5V

一方、指定された V_{VOSNS} から V_{OUT} を求める式は次のようになります。

$$V_{OUT} = V_{VOSNS} \times \left(\frac{R_{TOP}}{R_{BOTTOM}} + 1 \right) \quad (3)$$

ここで、 V_{VOSNS} は、 V_{OUT_TRIM} が存在する場合、その値を $V_{OUT_COMMAND}$ に加えた値に等しくなります。

3 設計例

3.1 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 3-1. 設計パラメータ

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
V_{IN}	入力電圧		11	12	13	V
I_{IN}	入力電流	$V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 25A$		13		A
V_{OUT}	出力電圧	VSEL で $V_{OUT_COMMAND} = 4.8V$ を選択し、外付け抵抗デバイダによって 6V に減衰。		6.02		V
I_{OUT}	出力電流範囲	$11V \leq V_{IN} \leq 13V$	0		25	A
$\eta_{HALF\ LOAD}$	半負荷効率	$V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 12.5A$		97.1		%
$\eta_{FULL\ LOAD}$	全負荷効率	$V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 25A$		96.2		%
$\Delta V_{TRANSIENT}$	負荷過渡応答	$\Delta I_{OUT} = 10A$, I_{OUT} スループレート = $1A/\mu s$, $V_{IN} = 12V$		323.9		mV
$\Delta V_{STEADY-STATE\ NO\ LOAD}$	無負荷時、定常状態の出力リップル電圧	$I_{OUT} = 0A$		3.45		mV
$\Delta V_{STEADY-STATE\ FULL\ LOAD}$	全負荷時、定常状態の出力リップル電圧	$I_{OUT} = 25A$		3.30		mV
F_{SW}	スイッチング周波数	$V_{IN} = 12V$		650		kHz
T_{CASE}	動作時のケース温度	$I_{OUT} = 25A$, 30 分間のソーク		69.2		°C
$T_{INDUCTOR}$	動作時インダクタ温度	$I_{OUT} = 25A$, 30 分間のソーク		67.7		°C

注

「TPS546x24A 補償およびピンストラップ抵抗カリキュレータ」は、5.5V を超える電圧に対する補償設定の計算に対応しています。まず、ピンストラップ設定を減衰前の V_{OUT} に設定してから、実際の V_{OUT} を反映するように V_{OUT} セルを変更します。推奨最大値を超える値に V_{OUT} を設定すると V_{REF} セルに警告が表示されますが、 V_{REF} 値は設計シート内の以降の計算には使用されません。

注

V_{OUT} の精度は、外付け抵抗デバイダの精度と、デバイスのデータシートに記載された規定精度の両方に左右されます。 V_{OUT} 精度を微調整する際は、 $V_{OUT_COMMAND}$ または V_{OUT_TRIM} を変更することを推奨します。

3.2 回路図

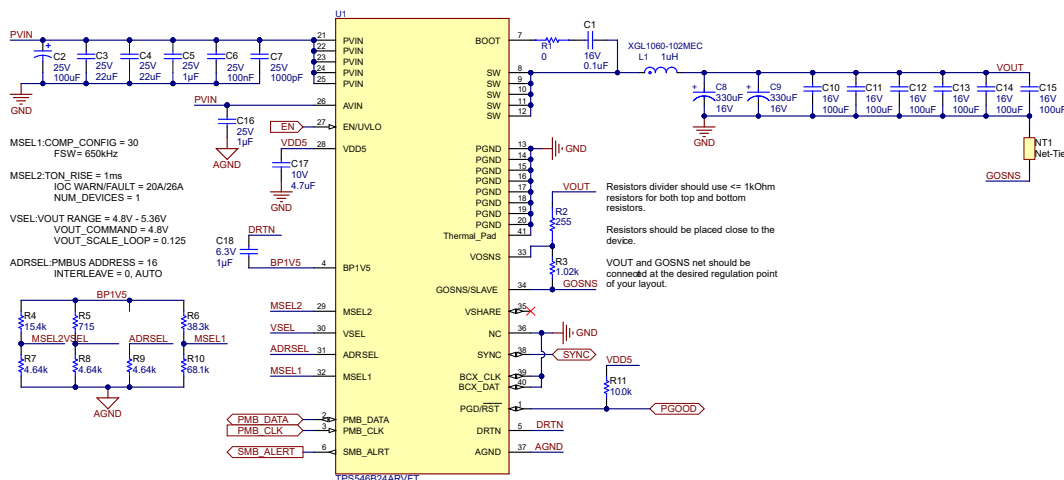
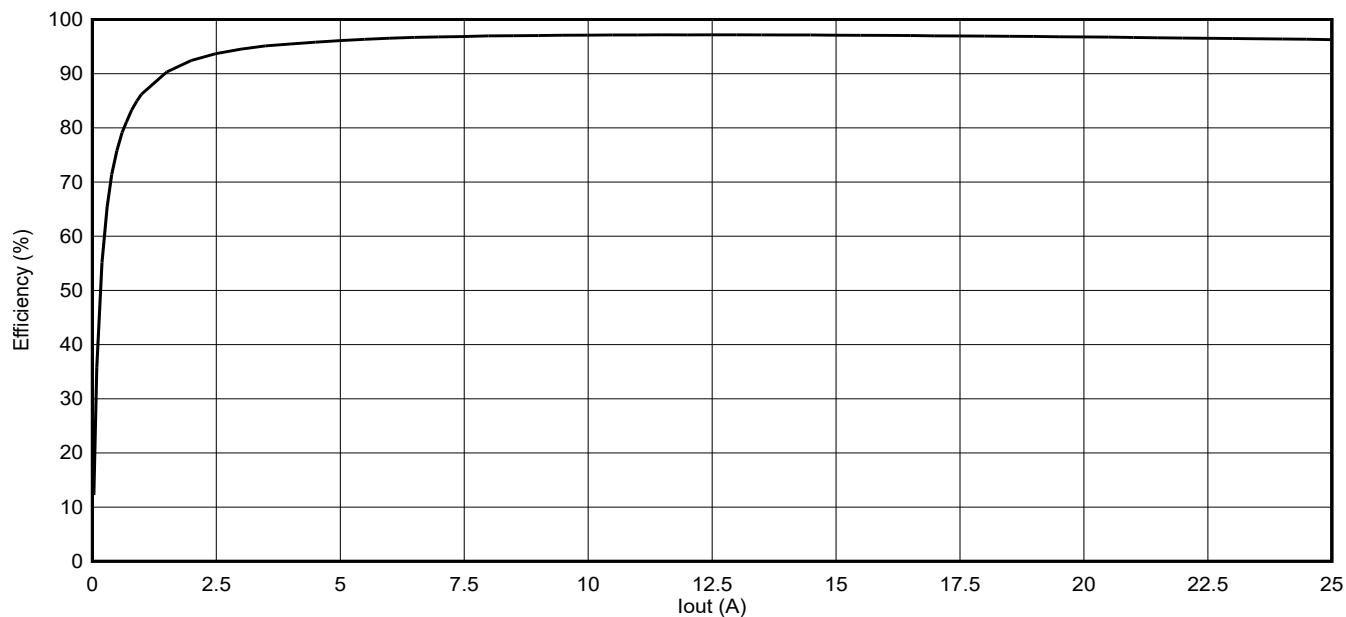


図 3-1. 6V の V_{out} アプリケーション回路図

注

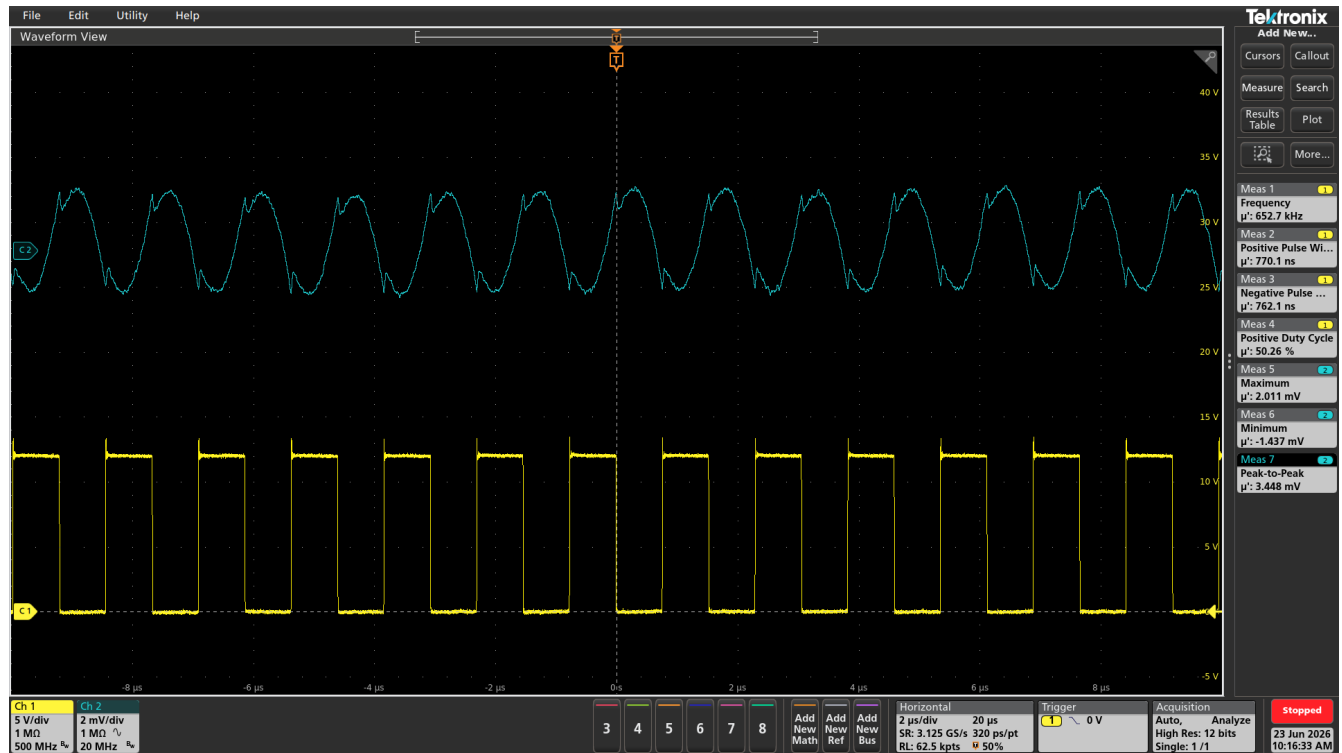
VOSNS ピンに抵抗デバイダを設けない設計と同様に、帰還分圧回路の入力は、 V_{OUT} プレーン上の目的のレギュレーションポイントにケルビンパターンで接続する必要があります。

3.3 性能プロット



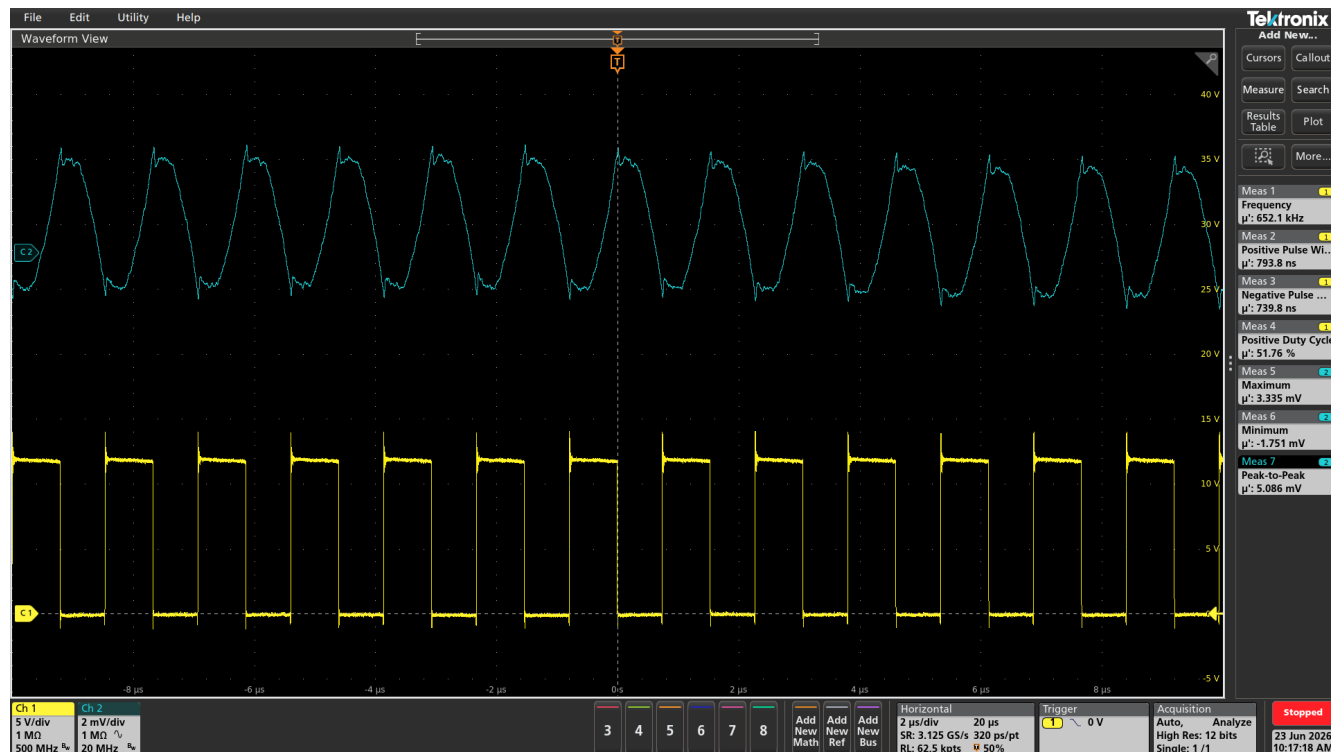
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{OUT} = 6\text{V}$	$C_{OUT} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{IN} = 12\text{V}$	$F_{sw} = 650\text{kHz}$	内部バイアス

図 3-2. 効率



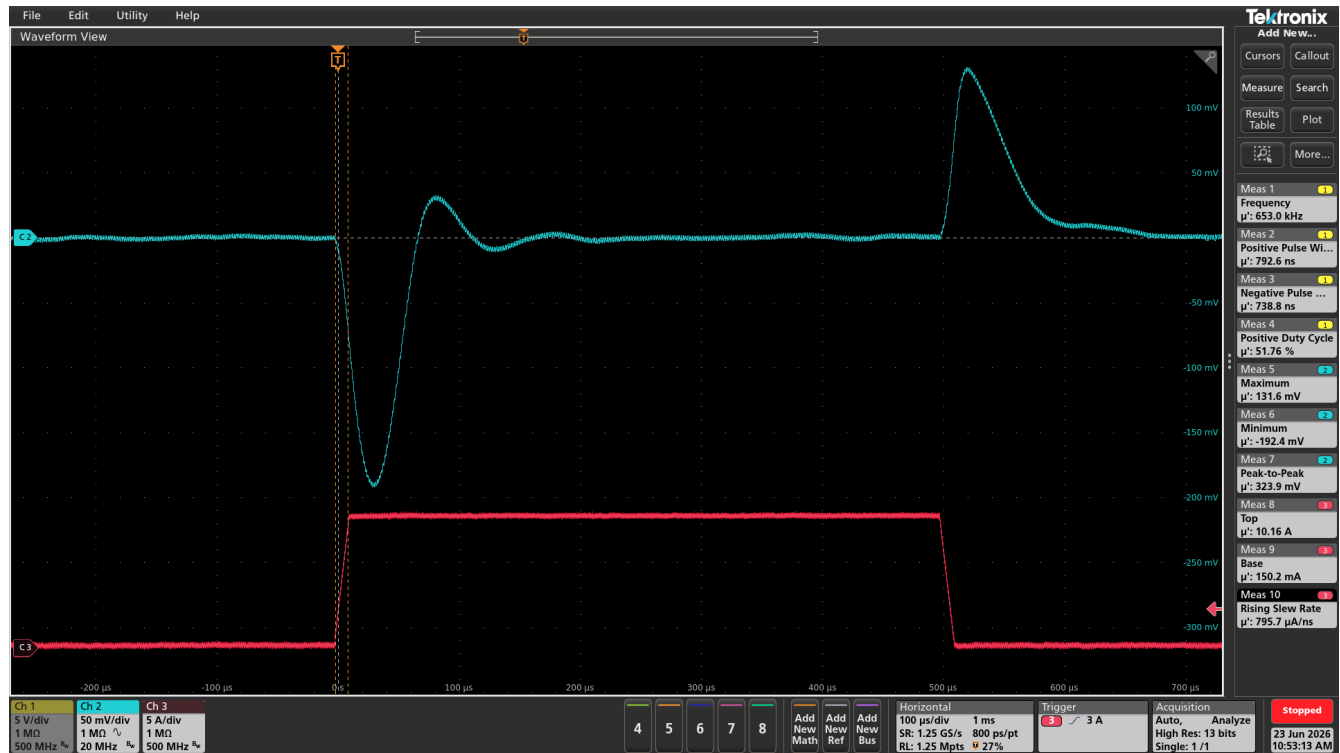
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス
CH1 = SW	CH2 = V_{OUT}	

図 3-3. 出力電圧リップル - 0A



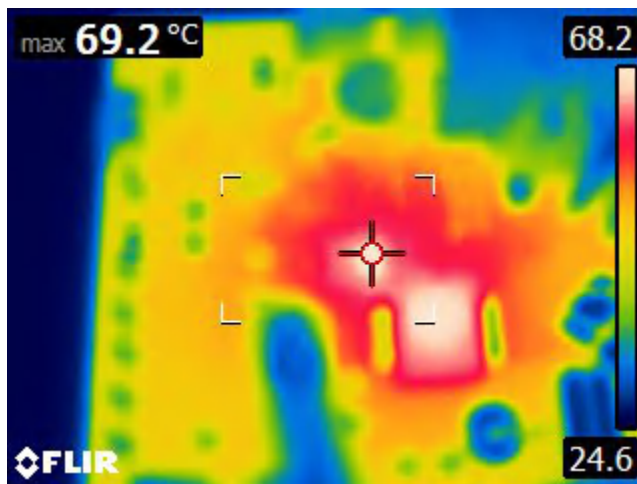
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス
CH1 = SW	CH2 = V_{OUT}	

図 3-4. 出力電圧リップル - 25A



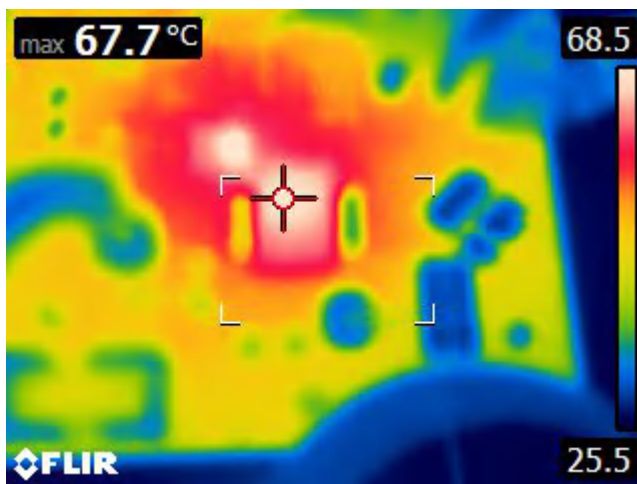
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス
$\text{CH2} = V_{\text{OUT}}$	$\text{CH3} = I_{\text{LOAD}}$	外部 DC 負荷によって 5A がシンクされている。

図 3-5. 負荷過渡、5A ~ 15A、1A/μs 時



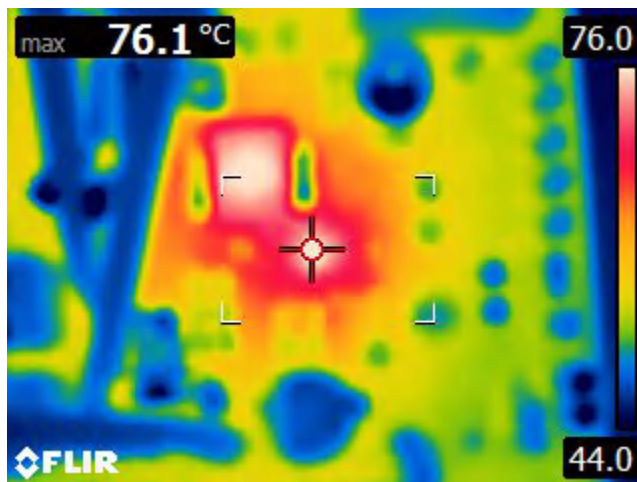
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス
$I_{\text{OUT}} = 25\text{A}$	気流の速度 = 0LFM	

図 3-6. IC の放熱特性 — $T_{\text{AMBIENT}} = 25^\circ\text{C}$



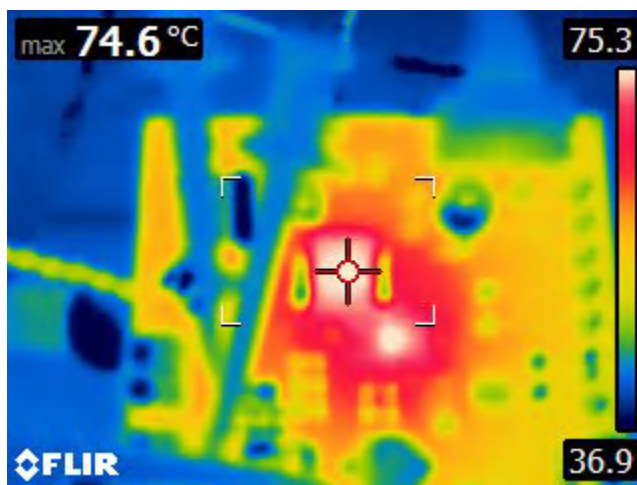
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス
$I_{\text{OUT}} = 25\text{A}$	気流の速度 = 0LFM	

図 3-7. インダクタの放熱特性 — $T_{\text{AMBIENT}} = 25^\circ\text{C}$



注

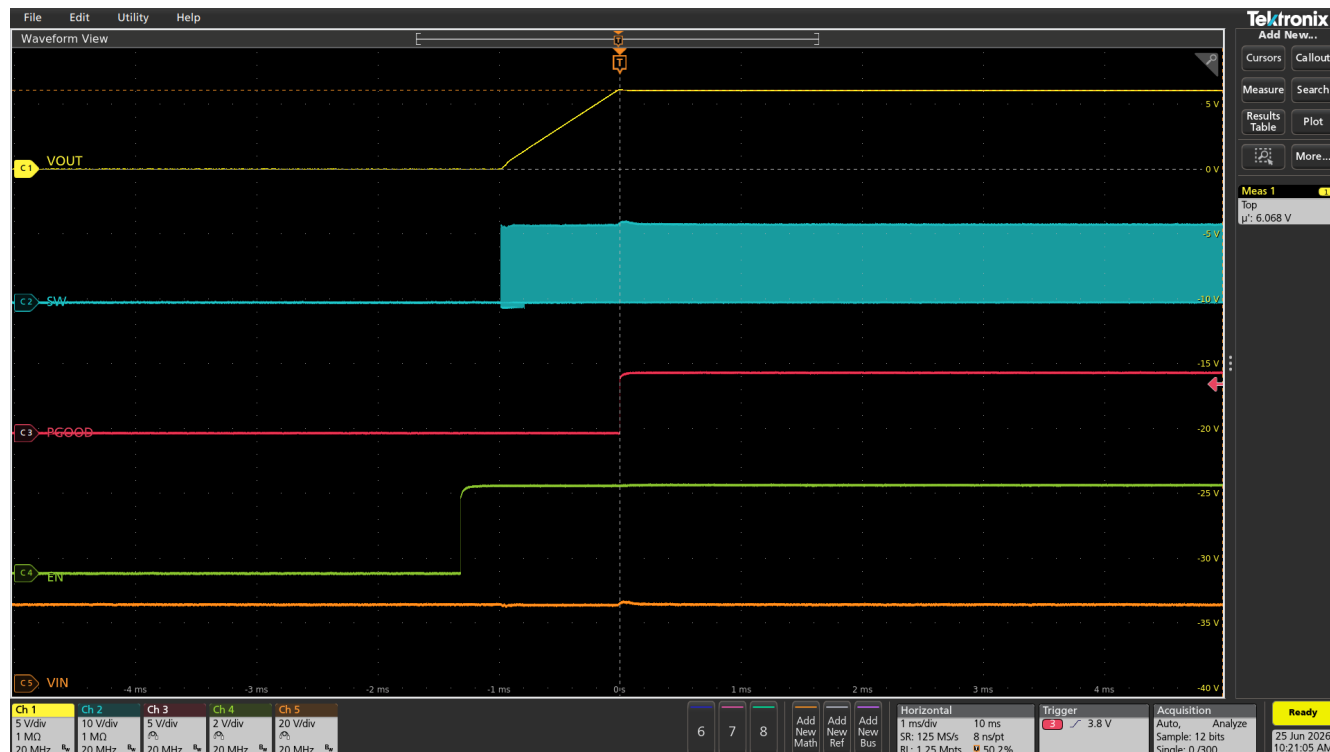
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス
$I_{\text{OUT}} = 25\text{A}$	気流の速度 = 0LFM	

図 3-8. IC の放熱特性 — $T_{\text{AMBIENT}} = 45^\circ\text{C}$ 

注

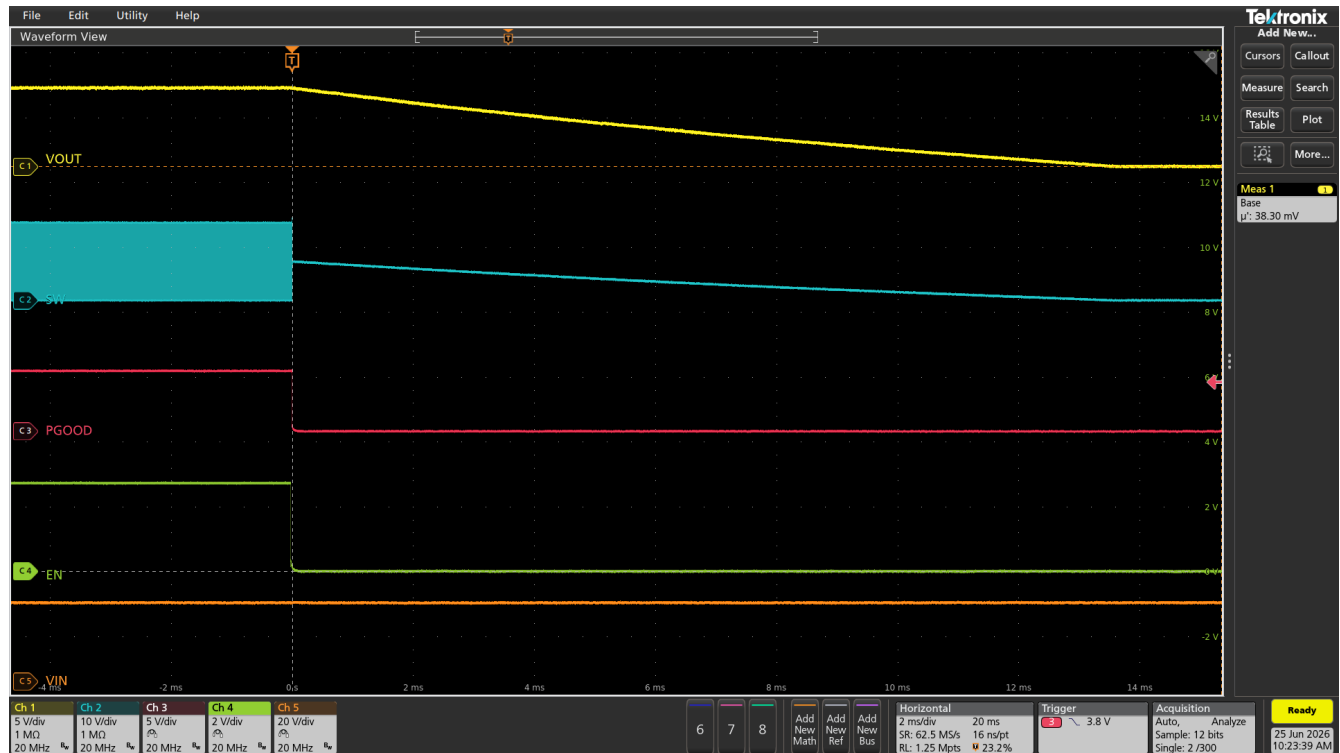
$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス
$I_{\text{OUT}} = 25\text{A}$	気流の速度 = 0LFM	

図 3-9. インダクタの放熱特性 — $T_{\text{AMBIENT}} = 45^\circ\text{C}$



$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマ ー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス

図 3-10. イネーブル信号を使用した起動



$L = 1\mu\text{H}$	$V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$	$C_{\text{OUT}} = 6 \times 100\mu\text{F}$ セラミック、 $2 \times 330\mu\text{F}$ ポリマ ー
$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$	$F_{\text{sw}} = 650\text{kHz}$	内部バイアス

図 3-11. イネーブル信号を使用したシャットダウン

4 遠隔測定

TPS546x24y ファミリのデバイスでは、出力電圧遠隔測定データを VOSNS ピンで測定します。このアプリケーションでは VOSNS ピンに外付け分圧器を必要とするため、通知される電圧はデバイスの実際の出力電圧と異なります。遠隔測定によって報告される電圧は、VOSNS ピンにおける分圧後の電圧です。この設計例では、遠隔測定レジスタが 4.79V を通知しています。

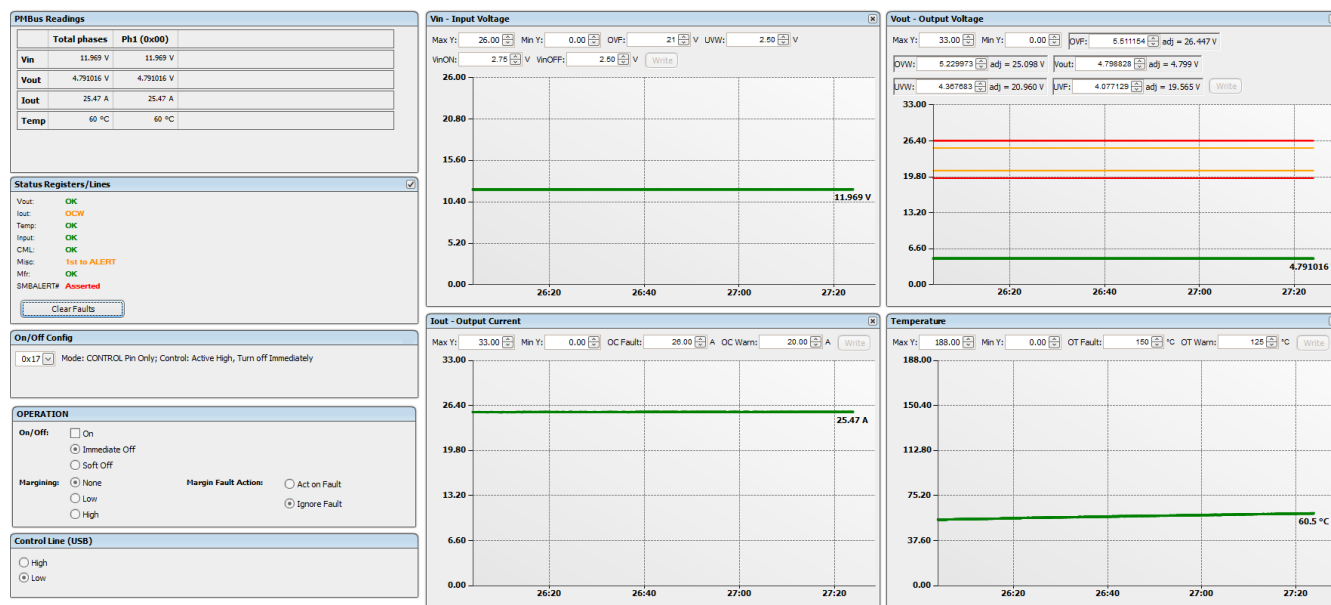


図 4-1. Fusion Digital Power Designer GUI における TPS546x24y の遠隔測定ページ

実際の出力電圧を計算するには、遠隔測定レジスタによって報告される値に分圧比を乗算する必要があります。この比率は、式 9 を使用して計算できます。

図 4-1 で報告された 4.79V の値を使用すると、

$$V_{OUT_ACTUAL} = V_{OUT_TELEMETRY} \times \left(\frac{R_{TOP}}{R_{BOTTOM}} + 1 \right) = 4.79V \times \left(\frac{255\Omega}{1020\Omega} + 1 \right) = 5.99V \quad (4)$$

他のすべての遠隔測定値も同じ結果になります。VOSNS ピンで外付け分圧器を使用している場合も同様です。

5 過電圧および低電圧保護

TPS546x24y ファミリーは、PMBus™ レジスタ (40h) VOUT_OV_FAULT_LIMIT と (44h) VOUT_UV_FAULT_LIMIT により、過電圧保護および低電圧保護をプログラムできます。過電圧 (OV) および低電圧 (UV) 保護を提供するため、VOSNS ピンの電圧は監視されます。

(40h) VOUT_OV_FAULT_LIMIT の回路は、現在の出力電圧目標に対する固定パーセンテージとして実装されています。この回路は、VOUT_COMMAND の 105% ~ 140% の範囲の数値を 2.5% 刻みで設定できます。出力変換が無効の場合は VOUT_COMMAND の 110% ~ 140% の範囲の数値を 10% 刻みで設定できます。

(44h) VOUT_UV_FAULT_LIMIT の回路は、現在の出力電圧目標に対する固定パーセンテージとして実装されています。この回路は、VOUT_COMMAND の 60% ~ 95% の範囲の数値を 2.5% 刻みで設定できます。

過電圧および低電圧故障制限の両方に対してプログラムされたパーセンテージ制限は、VOSNS ピンの電圧は分圧器によって降圧されるこのアプリケーションにも、引き続き適用されます。TPS546x24y の場合、デフォルトでプログラムされた過電圧および低電圧の制限値は、それぞれ 115% と 85% です。

このアプリケーション例では、VSEL ピンに接続したピンストラップ ネットワークを使用して、起動時に VOUT_COMMAND を 4.8V に設定します。デフォルトでプログラムされた OV/UV 制限値を使用すると、過電圧保護 (OVP) をトリガするために VOSNS ピンに必要な電圧は次のように算出されます。

$$V_{\text{VOSNS_OVP}} = \text{VOUT_COMMAND} \times \text{PROGRAMMED OVP THRESHOLD} \quad (5)$$

$$V_{\text{VOSNS_OVP}} = 4.8\text{V} \times 115\% = 5.52\text{V} \quad (6)$$

また、低電圧保護 (UVP) をトリガするために VOSNS ピンに必要な電圧は次の式で算出されます。

$$V_{\text{VOSNS_UVP}} = \text{VOUT_COMMAND} \times \text{PROGRAMMED UVP THRESHOLD} \quad (7)$$

$$V_{\text{VOSNS_UVP}} = 4.8\text{V} \times 85\% = 4.08\text{V} \quad (8)$$

ここで、VOSNS ピンに配置された外部の帰還分圧器の分圧比を適用することができます。

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{VOSNS}} \times \left(\frac{R_{\text{TOP}}}{R_{\text{BOTTOM}}} + 1 \right) \quad (9)$$

算出した $V_{\text{VOSNS_OVP}}$ を、式 9 の V_{VOSNS} 項に代入することで、OVP がトリガするために必要な V_{OUT} 電圧を算出できます。

$$V_{\text{OUT_OVP}} = V_{\text{VOSNS_OVP}} \times \left(\frac{R_{\text{TOP}}}{R_{\text{BOTTOM}}} + 1 \right) = 5.52\text{V} \times \left(\frac{255\Omega}{1020\Omega} + 1 \right) = 6.9\text{V} \quad (10)$$

UVP をトリガするのに必要な V_{OUT} は、以下のように求められます。

$$V_{\text{OUT_UVP}} = V_{\text{VOSNS_UVP}} \times \left(\frac{R_{\text{TOP}}}{R_{\text{BOTTOM}}} + 1 \right) = 4.08\text{V} \times \left(\frac{255\Omega}{1020\Omega} + 1 \right) = 5.1\text{V} \quad (11)$$

計算を簡単にするために、算出した $V_{\text{OUT_OVP}}$ は設定した V_{OUT} (6V) の 115% に相当することに着目します。算出した $V_{\text{OUT_UVP}}$ は、設定された $V_{\text{OUT}} = 6\text{V}$ の 85% に相当します。

このことから、VOSNS ピンに抵抗デバイダを設けた場合でも、OVP/UVP に設定したパーセンテージ制限は V_{OUT} 電圧に応じてスケールリングされることが分かります。

注

VOSNS ピンの絶対最大定格は 5.5V ですが、外部の分圧回路を使用しなくても、VOUT_COMMAND の設定を変更することにより最大 6V の V_{OUT} をサポートできるだけの余裕があります。ただし、この方法ではシステムをまず 5.5V で起動し、初期化後に VOUT_COMMAND を使用して V_{OUT} を 6V へ変更する必要があるため、その分の遅延が発生する点に注意してください。

6 制約

V_{VOSNS} が絶対最大定格である 5.5V を下回っている限り、 V_{in} と V_{out} の電位差に変換効率による損失を補うための十分な余裕があり、かつハイサイド FET とローサイド FET を制御する PWM コントローラの最小 T_{on} と最小 T_{off} の制約を満たしていれば、デバイスは特定の V_{out} をレギュレートできます。設計の制限を決定するために使用できる式を以下に示します。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)} \times t_{OFF(MIN)} \times \eta} \quad (12)$$

$$V_{OUT(MAX)} = V_{IN(MAX)} \times (1 - f_{sw} \times t_{OFF(MIN)}) \times \eta \quad (13)$$

ここで、TPS546x24y の $t_{OFF(MIN)}$ は公称 400ns、最大 500ns です。最大 V_{OUT} および f_{sw} の計算では、最大 $t_{OFF(MIN)}$ である 500ns を使用することを推奨します。

V_{OUT} の値が大きい場合、DCR の低いインダクタを使用することを前提とすると、効率は 90% 以上と見積もるのが安全です。量産で実装する前に、評価ボードで適切な変換を検証する必要があります。

7 まとめ

TPS546x24y ファミリーは、 V_{OUT} と $VOSNS$ ピンの間に外付け抵抗デバイダを配置して、このピンの 0.25V ~ 5.5V の動作範囲内で帰還信号をスケールリングすることで、5.5V を超える出力電圧に対応しています。

TPS546D24A 内部の $VOSNS$ と $GOSNS$ 間の抵抗による負荷誤差を避けるため、分圧抵抗は 1kΩ 以下にする必要があります。

V_{OUT} を微調整するために $VOUT_TRIM$ を使用する場合は、 $VOUT_TRIM$ に設定した値を式 3 の V_{OUT} に加算することで、新しい V_{OUT} を計算できます。

TPS546B24A (12V 入力、25A、650kHz)、 $R_{TOP} = 255\Omega$ 、 $R_{BOTTOM} = 1.02k\Omega$ を使用した 6V 出力設計は、全負荷時に 96.2% の効率、3.30mV の出力リップル、10A ステップ (スルーレート 1A/μs) で過渡変動 323.9mV を達成しています。

遠隔測定では、実際の出力ではなく、減衰した $VOSNS$ 電圧を報告します。実際の V_{OUT} を計算するには、式 4 を使用してください。

過電圧および低電圧故障のスレッシュホールド (デフォルトは $VOUT_COMMAND$ の 115%/85%) は、外付けデバイダを配置した場合でも、 $VOSNS$ ピン電圧に適用され、 V_{OUT} に正しくスケールリングされます。

最大出力電圧とスイッチング周波数は、PWM コントローラの最小 t_{OFF} である 500ns で制限されます。量産前に、提示されたセクション 6 を使用してヘッドルームを確認してください。

出力電圧が 5.5V またはそれをわずかに上回る場合、別の方法として、デバイスを 5.5V でブートし、PMBus 経由で $VOUT_COMMAND$ を介して V_{OUT} をプログラムすることもできます。これにより、外付けデバイダが完全に不要となります。

5.5V を超える V_{OUT} 値を入力した場合でも、「TPS546x24A 補償およびピンストラップ抵抗カリキュレータ」を使って補償設定を計算できます。

8 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、『[TPS546B24A 2.95V ~18V、20A、最大 4 個のスタックابل PMBus® 降圧コンバータ](#)』、データシート。

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