

Application Brief

半導体試験とATE アプリケーションにおける電源設計の課題解決



人工知能 (AI)、5G、モノのインターネット (IoT)、電気自動車 (EV) の急速な発展に伴い、近年、半導体テスターや自動試験装置 (ATE) の需要が増加しています。これらの産業ではチップがますます複雑化しているため、それらを検査するには、より高性能かつ高精度の ATE が必要になります。半導体試験装置の電源設計では、テスターの複雑さが増すにつれて電流要件が大きくなるほか、さまざまな特別な設計上の検討事項が生じます。

DC/DC コンバータを選定する際は、装置の測定能力に影響を与えないよう、ノイズやスイッチング周波数に関する厳しい要件が求められます。同様に、多くのテスターは大電流 FPGA を使用しており、多くの場合、低リップルのコアレールを必要とします。特に半導体試験装置では、最大の電力密度を確保し、設計サイズを可能な限り小型化することが重視されます。この記事では、半導体テストおよび ATE 向け電源に降圧レギュレータを使用する際に直面する、一般的な設計上の課題について説明します。

表 1 では、外部周波数同期機能を備えたモジュール (インダクタ内蔵型) やコンバータ (FET 内蔵、インダクタ外付け) など、半導体テストおよび ATE 向け電源設計に推奨される DC/DC 降圧レギュレータを一覧で紹介します。

表 1. 半導体試験および ATE パワー マネージメント デバイス

タイプ	モジュール	V _{IN}	I _{OUT}	サイズ	特長	コンバータ
高電力密度	TPSM843320	4V–18V	3A	3.5mm × 3.5mm × 1.6mm	高効率、ACM、±0.5% 精度、選択可能な F _{sw} : 500kHz、750kHz、1MHz、1.5MHz、2.2MHz、F _{SYNC} 、パワー グッド、調整可能ソフトスタート。	TPS543320
	TPSM843620	4V–18V	6A			TPS543620
	TPSM843820	4V–18V	8A			TPS543820
	TPSM843A22	4V–18V	12A	6.5mm × 7.5mm × 4.0mm	高効率、ACM、±0.5% 精度、選択可能な F _{sw} : 500kHz、750kHz、1MHz、1.5MHz、2.2MHz、F _{SYNC} 、パワー グッド、調整可能ソフトスタート。	TPS543A22
	TPSM843A26	4V–18V	16A			TPS543A26
	TPSM843B22	4V–18V	20A			TPS543B22 B25
低ノイズ / 低リップル	TPSM8F7620	3V–17V	4 × 6A	7mm × 12mm × 2.4mm	クワッド出力、24A までスタック可能、SYNC による電流モード、内部補償と外部補償、F _{sw} を 400kHz ~ 2.2MHz の範囲で連続的に調整可能、±0.5% の精度	該当なし
	TPSM8F7420	3V–17V	4 × 4A	7mm × 12mm × 2.4mm	クワッド出力、16A までスタック可能、SYNC による電流モード、内部補償と外部補償、F _{sw} を 400kHz ~ 2.2MHz の範囲で連続的に調整可能、±0.5% の精度	該当なし
	TPSM8D7620	3V–17V	2 × 6A	7mm × 6.5mm × 2.4mm	デュアル出力、12A までスタック可能、SYNC による電流モード、内部補償および外部補償、F _{sw} を 400kHz ~ 2.2MHz の範囲で連続的に調整可能、±0.5% の精度	該当なし
	TPSM8D7420	3V–17V	2 × 4A	7mm × 6.5mm × 2.4mm	デュアル出力、8A までスタック可能、SYNC による電流モード、内部補償および外部補償、F _{sw} を 400kHz ~ 2.2MHz の範囲で連続的に調整可能、±0.5% の精度	該当なし
テレメトリ対応 PMBus®	TPSM82912	3V–17V	2A	4.5mm × 5.5mm × 1.8mm	低ドロップアウト (LDO) やバッシング ポスト フィルタを不要化、低ノイズ / 低リップル、CM、スペクトラム拡散変調、F _{sw} : 1MHz、2.2MHz、F _{SYNC} 、パワー グッド、調整可能ソフトスタート。	TPS62912
	TPSM82913	3V–17V	3A			TPS62913
	TPSM82914	3V–17V	4.5A	4.0mm × 4.7mm × 2.9mm	LDO やバッシング ポスト フィルタを不要化、低ノイズ / 低リップル、CM、スペクトラム拡散変調、F _{sw} : 1MHz、1.4MHz、2.2MHz、F _{SYNC} 、パワー グッド、調整可能ソフトスタート。	TPS62914
	TPSM82916	3V–17V	6A			TPS62916、TPS62918
	TPSM8S6B24	4V–16V	25A	16mm × 11mm × 4.3mm	テレメトリ対応 PMBus、スタック x 4、CM、F _{sw} : 275kHz ~ 1100kHz、F _{SYNC} 、パワー グッド、調整可能ソフトスタート。	TPS546B24S
	TPSM8S6C24	4V–16V	35A			TPS546D24S
	TPSM8D6B24	4V–16V	50A (デュアル 25A)	16mm × 20mm × 4.3mm	テレメトリ対応 PMBus、スタック x 2、CM、F _{sw} : 275kHz ~ 1100kHz、F _{SYNC} 、パワー グッド、調整可能ソフトスタート。	TPS546B24A
	TPSM8D6C24	4V–16V	70A (デュアル 35A)			TPS546D24A

表 1. 半導体試験および ATE パワー マネージメント デバイス (続き)

タイプ	モジュール	V_{IN}	I_{OUT}	サイズ	特長	コンバータ
24V 入力	TPSM84338	4.5 V～ 28V	3A	3.3mm × 4.5mm × 2.0mm	広電圧範囲、CM、 F_{SW} : 200kHz ～ 2.2MHz、 F_{SYNC} 、スペクトラム拡散変調。パワー グッド、調整 可能ソフトスタート。	TPS54538、 TPS54338

モジュール設計による小型化

電源設計を簡素化し、PCB サイズを最小化するには、降圧コンバータではなく降圧モジュールを使用します。TPSM843620 と、コンバータ版である TPS543620 を例にします。TPS543620 のコンバータ回路設計の合計サイズは約 100.8mm^2 と測定されましたが、TPSM843620 のモジュール回路設計はわずか 66mm^2 で、サイズを 34% 削減できます。図 1 に、サイズ削減の様子を示します。TPS543620 と TPSM843620 の PCB 設計サイズはいずれも、同じアプリケーションに対するデータシート推奨値に基づいて選定されています。

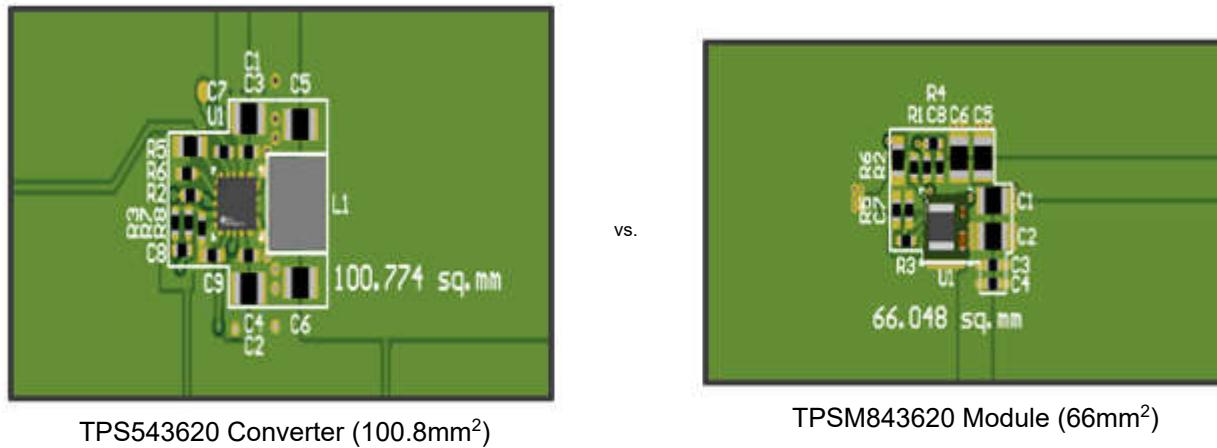


図 1. TPS543620 と TPSM843620 の PCB サイズ比較

電源の課題

電力密度

ATE 電源設計では、電力要求が増加するにつれて、基板面積と Z 方向の高さが一般に制約要因になります。このため、ポイントオブロード設計ではパワー モジュールが選ばれることがよくあります。これらのモジュールは、X-Y フットプリントを可能な限り最小に抑えられるためです。TI の新しい TPSM843B22 降圧モジュールは、電源設計者が電力密度重視の設計を最適化できるデバイスの 1 つです。このデバイスは、 $6.5\text{mm} \times 7.5\text{mm}$ のパッケージで 20A を供給し、バタフライ形式のフットプリントを備えています。このフットプリントは、内蔵インダクタと組み合わせることで、図 2 に示すように、最適化された対称型のフットプリント 212mm^2 と、高さわずか 4mm のオーバーモールド パッケージを実現できます。図 3 に、デバイスの PCB レイアウト例における対称性を示します。この対称型設計により、最高の電力密度と最良の放熱性能を、最小限のコストで実現できます。

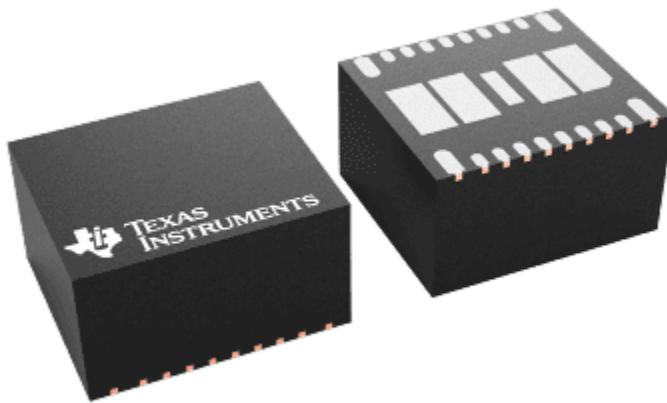


図 2. オーバーモールド TPSM843B22 パッケージ

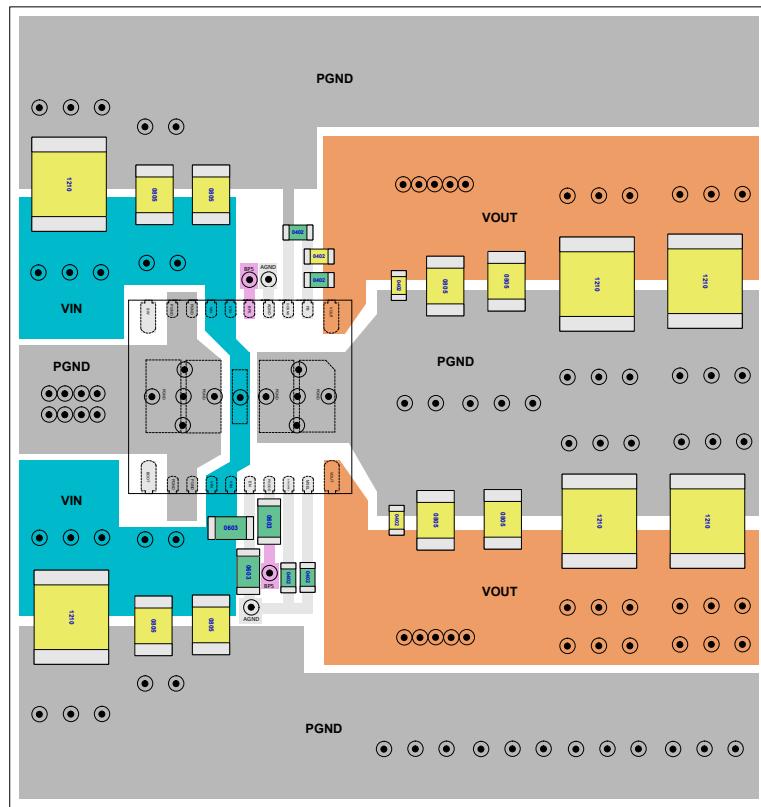


図 3. TPSM843B22 の PCB レイアウトの例

ノイズ放射

半導体テスターで使用される多くの ADC、DAC、AFE には、電圧リップルや $1/f$ ノイズが極めて低いポイントオブロード (PoL) 電源が必要です。従来、設計者は DC/DC コンバータで電圧を降圧し、その後 LDO によって PoL 電源を平滑化することで、この問題に対処していました。この方法の問題点は、LDO を追加することで必要な基板面積が増加し、設計効率が低下することです。TPSM8291x ファミリを使用すると、LDO を完全に省略して降圧モジュールのみで構成できるため、効率を犠牲にすることなく、最高レベルの電力密度とノイズ性能を実現できます。

このデバイスのコントローラは、100Hz ~ 100kHz の範囲で $20\mu\text{V}_{\text{RMS}}$ 未満の $1/f$ ノイズ仕様となるように設計されています。これにより、低周波ノイズおよび関連する高調波が PoL 電圧に影響を及ぼさないようにできます。 $1/f$ ノイズの減衰量は、NR/SS ピンに追加する容量によって調整できます。TPSM8291x ファミリはループ補償機能を内蔵しているため、設計者は 2 段目の L-C フィルタを追加できます。これにより、帰還ループ内にフェライトビーズを追加でき、出力リップルを $10\mu\text{V}_{\text{RMS}}$ 未満に低減できます。これは、非常に静かな PoL レールを実現できる、極めて有用な機能です。このデバイスは、オプションのスペクトラム拡散変調にも対応しています。一部のテスターでは予測可能性を重視し、一定の周波数シグネチャが求められますが、スペクトラム拡散機能の周波数ランダム化により、設計者は EMI と電圧リップルをより広い周波数帯域に分散させ、リップルや EMI シグネチャのピークを低減できます。図 4 に、スペクトラム拡散が V_{OUT} リップルの高速フーリエ変換 (FFT) に及ぼす影響を示します。図 5 は、内蔵補償ネットワークに基づき、フェライトビーズを帰還ループ内のどこに配置できるかを示します。

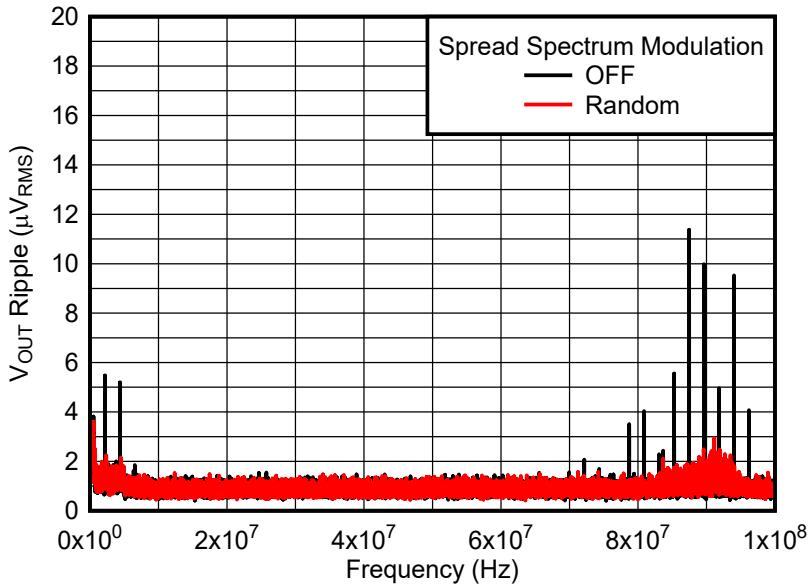


図 4. TPSM82913、 V_{OUT} リップル FFT、 $12\text{V}_{\text{IN}} \sim 3.3\text{V}_{\text{OUT}}$ 、 1A 、 2.2MHz 時

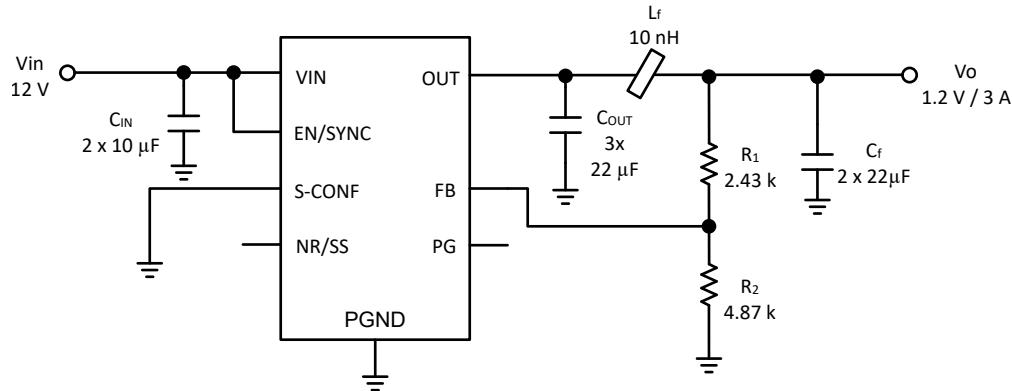


図 5. フェライトビーズ フィルタ補償を内蔵した TPSM82913 の代表的なアプリケーション

効率

ATE 電源設計では、効率も重要な検討事項です。効率の低い降圧設計を使用すると、余分なエネルギーを消費し、システムに熱の問題を引き起こす可能性があります。TI の新しい TPSM843620 は、入力電圧範囲 $4\text{V} \sim 18\text{V}$ 、出力電圧範囲 $0.5\text{V} \sim 5.5\text{V}$ 、出力電流 6A 、小型パッケージサイズ ($3.5\text{mm} \times 3.5\text{mm} \times 1.6\text{mm}$) を備えた高効率の 6A 降圧モジュールです。図 6 に示すように、このデバイスは、 1MHz のスイッチング周波数で $12\text{V} \sim 3.3\text{V}$ の変換時に約 92% の効率を達成します。

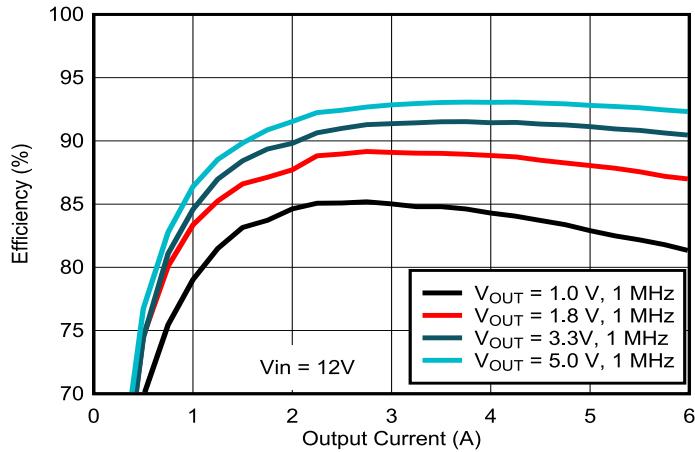


図 6. TPSM843620 の効率 (12V_{IN} の場合)

電力パラメータの監視

監視やデバッグを容易にするため、特に大電流レールでは、PMBus などのデジタル インターフェイスを備えた降圧レギュレータが ATE 電源設計で選ばれることがあります。テレメトリ機能付き PMBus インターフェイスを備えた降圧レギュレータを使用すると、リアルタイムの出力電圧を容易に監視でき、高精度で電圧を調整できます。グラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI) を使用すると、温度や出力電流などのさまざまなパラメータを監視でき、過熱警告や過負荷、故障に対する応答を設定できます。このツールは、*Fusion Digital Power Designer* のツール ページにあります。図 7 に、仕様を変更したり DC/DC レギュレータを調整したりできる GUI 画面を示します。

したがって、対象の FPGA が DC/DC モジュールとの通信に PMBus を使用しない場合でも、PMBus は有力な選択肢となり得ます。受動部品を調整する代わりに、プロトタイプ作成やテスト段階ではパラメータをデジタル的に変更でき、最終的には基板の最終スピノン後にピンストラップで動作を制御するための外付け受動部品を設定できます。これにより、プロトタイピング工程での半田付け作業時間や手間を大幅に削減でき、開発の時間とコストを節約できます。

TPSM8S6C24 は、PMBus とテレメトリに加えて拡張セキュリティを備え、入力電圧範囲 2.95V ~ 16V と出力電圧 0.5V ~ 3.6V をサポートする、TI の最新 35A 降圧モジュールです。拡張セキュリティ機能は、書き込みロック保護を提供することで、ハードウェアの再設計の必要なく、かつ最小限のファームウェア変更で、誤った書き込みコマンドや悪意のある書き込みコマンドによる脅威を最小限に抑えます。拡張セキュリティ機能の詳細については、「[TPS546D24S と TPSM8S6C24 の拡張セキュリティ機能](#)」を参照してください。

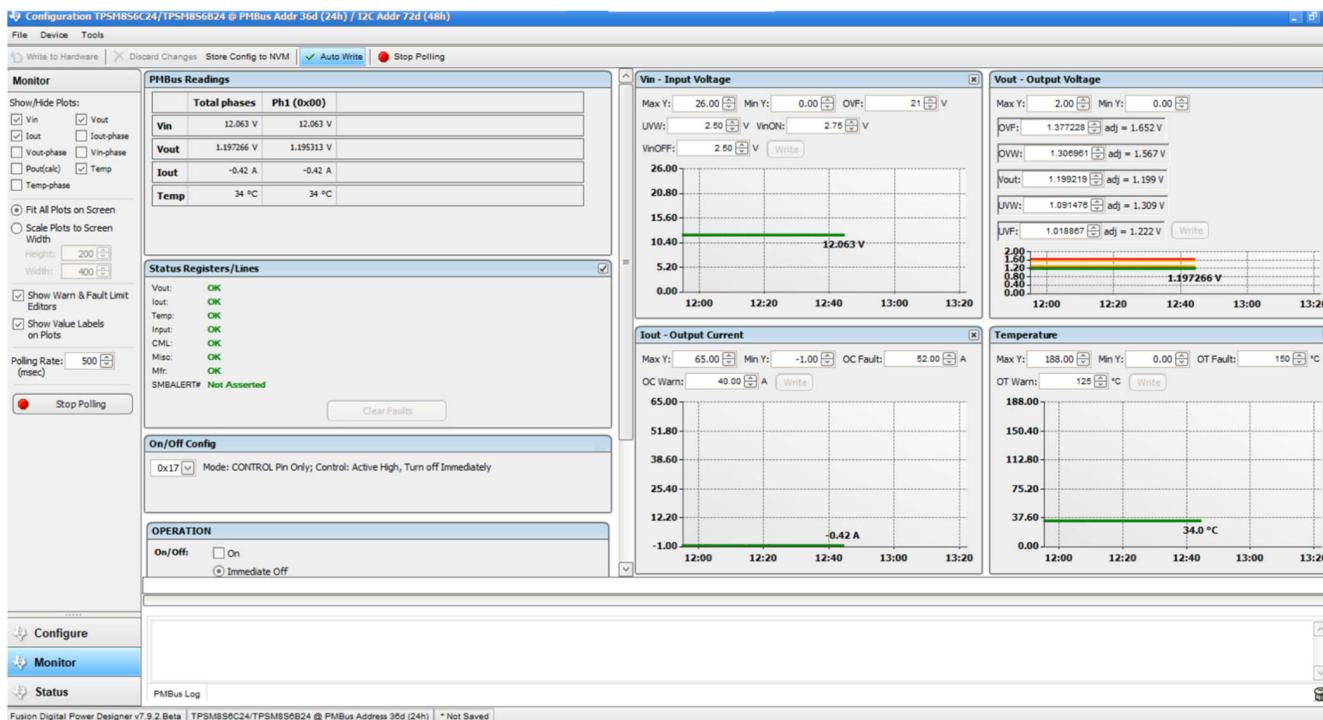


図 7. モニタ画面

まとめ

ATE 用電源を設計する際は、設計サイズ、ノイズ放射、効率、電力パラメータの監視を考慮する必要があります。TI の幅広い降圧モジュールおよびコンバータ製品ポートフォリオは、3A ~ 140A の負荷電流要件に対応し、これらすべての電源設計課題に十分に対処できる構成となっています。

商標

PMBus® is a registered trademark of System Management Interface Forum, Inc.
 すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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默示保証、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、明示的または默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、(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、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 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