

# EVM User's Guide: LMG210XEVM-143

## LMG210XR022 評価基板



### 説明

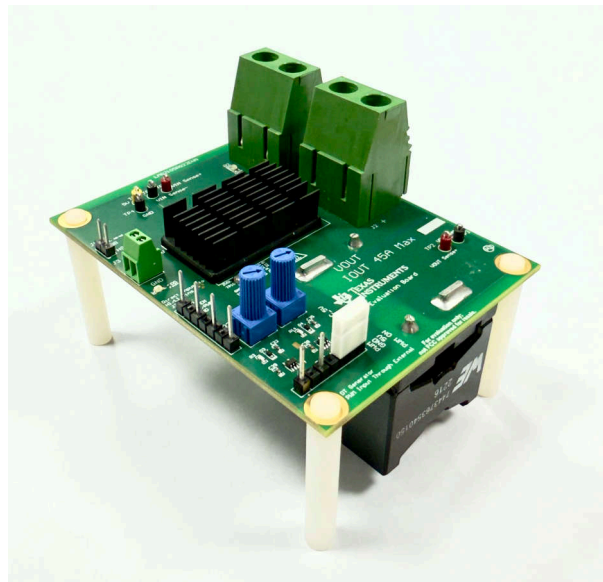
LMG210XR022 評価基板 (EVM) は、外部 PWM (パルス幅変調) 信号と組み合わせて使用する小型で使いやすい電力段です。この基板は、1 個のハーフブリッジを使用して、降圧コンバータ、昇圧コンバータ、他のコンバータいずれかのトポロジに構成することができます。この評価基板を使用すると、LMG210XR022 のハードスイッチング コンバータとしての性能を評価し、効率、スイッチング速度、 $dv/dt$  (スルーレート) などのサンプリング測定を実施することができます。この評価基板は、LMG210XR022 ハーフブリッジ パワー モジュールを採用しており、80V GaN FET ハーフブリッジ ゲートドライバで駆動する 2 個の 100V 2.2m $\Omega$  GaN FET を搭載しています。これは外部 PWM 信号を受け入れる開ループの基板であるため、過渡応答の評価には使用しないでください。この評価基板には、LMG2104R022 デバイスが搭載されています。

### 特長

- 最大 80V DC の入力電圧で動作
- 100V、2.2m $\Omega$  の GaN FET とドライバを内蔵 - LMG210XR022
- シングルまたはデュアル PWM 信号を使用する開ループ制御
- 可変デッドタイムの PWM 信号に対応するオンボードのシングル入力
- 単純にポテンショメータを変更するだけで、オンボードのデッドタイム調整機能を構成可能
- 5.5V ~ 10V の非安定化電圧から 5V の VCC 電源電圧を生成するオンボード LDO
- 入力電圧と出力電圧の効率測定を行うケルビン センス機能

### アプリケーション

- 高速の同期整流昇降圧コンバータ
- ソーラー電力オプティマイザ、マイクロ インバータ
- オーディオ用 Class-D アンプ
- 産業用 48V ポイントオブロード コンバータ
- モータドライブ
- 電動工具
- ラックとサーバー向けの電源



## 1 評価基板の概要

### 1.1 はじめに

LMG210XR022 デバイスは、ドライバを内蔵した 100V の窒化ガリウム (GaN) ハーフブリッジ パワー モジュールです。このデバイスは、拡張モードの GaN FET を使用した電力段を内蔵しています。LMG210XR022 デバイスは 2 つの GaN FET で構成され、1 つの高周波数 GaN FET ドライバによりハーフブリッジ構成で駆動されます。このドキュメントには、基板の電源投入方法と、所定のレギュレーション電圧に設定する方法を示す回路図および部品表が記載されています。この評価基板は、LMG210XR022 の評価を迅速に実行できる設計を採用しています。この基板は、スタンドアロン製品として使用することを意図したものではなく、LMG210XR022 のスイッチング性能の評価に使用することを意図したものです。アプリケーションに適切な熱管理 (ケース温度の監視と、必要に応じて十分な気流の確保) が含まれている場合、このモジュールは最大 45A の電流を供給できます。熱管理の検討事項には、モジュール内の消費電力を最小限に抑えるための強制空冷、ヒートシンク、動作周波数の低下などがあります。

この評価基板は、外部ゲート信号を与えることで、降圧モードまたは昇圧モードに構成することができます。外部ヒートシンクを使用して、このモジュールを最大 1500W でテストします。LMG210XR022 およびデッドタイム生成回路に電力を供給するには、外部電源電圧 (5.5V ~ 10V) が必要です。

### 1.2 キットの内容

このキットには次のものが含まれます。

- 安全上の注意
- LMG210XEVM-143 基板

### 1.3 仕様

パラメータ	仕様
$V_{IN}$ : 入力電圧	0V ~ 80V
$V_{OUT}$ : 出力電圧	0V ~ 80V
$V_{CC}$ : 入力電源電圧	5.5V ~ 10V
最大電力	1500W
スイッチング周波数	100kHz ~ 1MHz
基板寸法	95mm × 71mm × 78mm

### 1.4 製品情報

LMG210X デバイスは、ゲートドライバと拡張モード ガリウム ナイトライド (GaN) FET を内蔵した 100V ハーフブリッジ電力段です。このデバイスは 2 つの 100V GaN FET で構成され、ハーフブリッジ構成で、1 つの高周波数 GaN FET ドライバにより駆動されます。GaN FET は逆方向回復時間がゼロで、入力容量  $C_{ISS}$  および出力容量  $C_{OSS}$  が非常に小さいため、電力変換において大きな利点があります。すべてのデバイスはボンドワイヤを一切使用しないパッケージ プラットフォームに取り付けられ、パッケージの寄生要素は最小限に抑えられます。LMG210x デバイスは、7.0mm × 4.5mm × 0.89mm の鉛フリー パッケージで供給され、簡単に PCB へ取り付けできます。

TTL ロジック互換の入力は、VCC 電圧にかかわらず 3.3V および 5V のロジックレベルをサポートできます。独自のブートストラップ電圧制御技術により、拡張モード GaN FET のゲート電圧が安全な動作範囲内に保たれます。このデバイスは、両方の FET のターンオンおよびターンオフ スルーレートを制御、IO 制限コントローラで使用するシングル PWM モード、短絡保護 (SCP)、過熱検出 (OTD) およびゼロ電圧検出 (ZVD) レポート、理想ダイオード モードをサポートしており、第 3 クアドラント導通時間を最小化できます。このデバイスは、ディスクリート GaN FET に対してより使いやすいインターフェイスを提供し、その利点を拡大します。小さな外形で高周波数、高効率の動作が必要なアプリケーションに最適な選択肢です。

## テキサス・インスツルメンツの高電圧評価基板 (TI HV EVM) におけるユーザーの安全のための一般的な指針



TI の設定手順と使用手順に常に従い、すべてのインターフェイス コンポーネントを推奨される電氣的定格電圧および電力制限範囲内で使用してください。電気に関する安全上の注意事項に常に従い、自分自身と周囲の作業者の安全を確認してください。詳細については、テキサス インスツルメンツの製品情報センター <http://ti.com/customer support> までご連絡ください。

今後の参考のため、すべての警告と手順を保存してください。

### 警告

警告および手順に従わないと、感電ややけどの危険により、人身傷害、物的損害、あるいは死亡事故が発生する可能性があります。

TI HV EVM という用語は、電子デバイスが通常オープン フレームの、密封されていないプリント基板アセンブリで提供されていることを意味します。開発ラボ環境で使用することを厳密に意図しており、高電圧電気回路の開発および応用における電氣的安全性の訓練を受け、技能と知識を有する有資格者のみが使用してください。その他の使用および/または応用は、テキサス・インスツルメンツにより厳密に禁止されています。適切な資格を有していない場合は、HV EVM の使用をただちに停止してください。

#### 1. 作業場の安全性:

- a. 作業領域を清潔で整理整頓された状態に保ちます。
- b. 回路への電源投入は、必ず資格を有するオペレーターの立ち合いの下に行います。
- c. TI HV EVM およびインターフェイス電子機器に電源を投入する領域には、効果的なバリアと標識を必ず設け、不用意なアクセスがないように、アクセス可能な高電圧が存在する可能性があることを明記します。
- d. 開発環境で使用されるすべてのインターフェイス回路、電源、評価基板、計器、メーター、スコープ、およびその他関連の装置で 50Vrms/DC 75V を超えるものは、緊急電源遮断 EPO で保護された電源タップ内に電氣的に配置する必要があります。
- e. 安定した非導電性の作業台を使用します。
- f. 適切に絶縁されたクランプおよびワイヤを使用して測定用プローブおよび計器を接続します。可能な限りフリーハンド テストは行わないでください。

#### 2. 電氣的安全性:

- a. 予防措置として、EVM 全体が完全にアクセス可能でアクティブ高電圧が印加されていると想定するのが、良いエンジニアリング プラクティスです。
- b. 電気測定またはその他の診断測定を行う前に、テキサス・インスツルメンツの HV EVM およびすべての入力、出力、電気負荷の電源を遮断します。TI HV EVM 電源が安全に切られていることを再評価します。
- c. EVM の電源が切断されていることを確認した上で、EVM 回路および測定装置が電氣的に導通していると想定して、必要な電気回路構成、配線、測定装置の接続、およびその他の応用ニーズを実施します。
- d. EVM の準備が整ったら、意図されたように EVM に電源を投入します。

### 警告

評価基板 (EVM) に電源が投入されている間、EVM または電気回路に触らないでください。高電圧により感電の危険性があります。

#### 3. 個人の安全

- a. 個人用保護具 (ゴム手袋やサイドシールド付き保護メガネなど) を身につけ、EVM を適切なインターロック付きの透明のプラスチック箱に入れるなどして、不用意に触ることがないようにします。

#### 安全使用の制限:

EVM は、量産ユニットのすべてまたは一部として使用することを意図していません。

## 2 ハードウェア

### 2.1 テストポイント

表 2-1. テストポイント機能の説明

テストポイント	説明
TP1	入力電源のセンス接続
TP2	出力電圧のセンス接続
TP3	出力グラウンドのセンス接続
TP4	アナロググラウンドのセンス接続
TP5	スイッチングノードのセンス接続。オシロスコーププローブとスプリングタイプのグラウンド接続 (TP11) を組み合わせ、よりの確に測定できるように設計。
TP6	LDO 出力の 5V センス接続
TP7	入力電源グラウンドのセンス接続
TP8	ZVDL のセンス接続
TP9	ZVDH のセンス接続
TP10	AGND のセンス接続
TP11	デバイスの PGND のセンス接続
J1	VIN 電源コネクタ (最大 80VDC)
J2	VOUT 電源コネクタ (最大 80VDC)
J3	EXT.VCC 接続 (5.5V ~ 10V)
J4	HB-HS 測定用の MMCX 接続
J5	EXT.HB-HS コネクタ (オプション)
J6	HI/LI ピンへの直接 PWM 入力
J7	PWM 入力用コネクタ – シングル PWM モード (オンボード デッドタイム ジェネレータを使用)
J9	200mil のジャンパ

#### 2.1.1 主要な接続

以下のテスト手順は、主に評価基板の電源投入とシャットダウンのために推奨されます。電源が入った評価基板を、長時間放置しないでください。また、電源が投入されている間は、絶対に装置を操作しないでください。

#### WARNING

評価基板には高電圧が印加されています。一部の部品は、50°C を上回る温度に達します。基板を取り扱う際は注意が必要です。

##### 2.1.1.1 電源を J3 コネクタに接続する

LMG210XR022 ドライバ用のバイアス電源 EXT.VCC (5.5V ~ 10V の範囲) があります。このドライバ電源は、直列 LDO U2 (LP3869) によって 5V に安定化されます。このレギュレーションにより、LMG210XR022 のバイアス電源が正確であり、ゲート電圧仕様を超過していないことを検証します。このユーザーガイドでは、この電源をドライババイアス電源と呼びます。

##### 2.1.1.2 PWM 入力

本デバイスに PWM パルスを供給する方法は 3 つあります。

###### 2.1.1.2.1 オンボード デッドタイム生成回路を使用する IIM モード (シングル PWM 入力) - デフォルト モード

目的のスイッチング周波数とデューティサイクルを提供できるファンクションジェネレータを使用して、PWM 入力を供給します。このファンクションジェネレータ出力 (0 ~ 5V 信号) は、図 2-1 に示すように、J7 コネクタに接続する必要があります。J7 のピン 1 は PWM 電源の入力で、ピン 2 は GND に接続します。また、オンボードのデッドタイム生成回路を有効にするために、ジャンパ J9 を使用して J7 のピン 3 とピン 4 を短絡させていることも確認します。ポテンシオメータ R2 および R13 は 5ns ~ 100ns のデッドタイムを生成します。

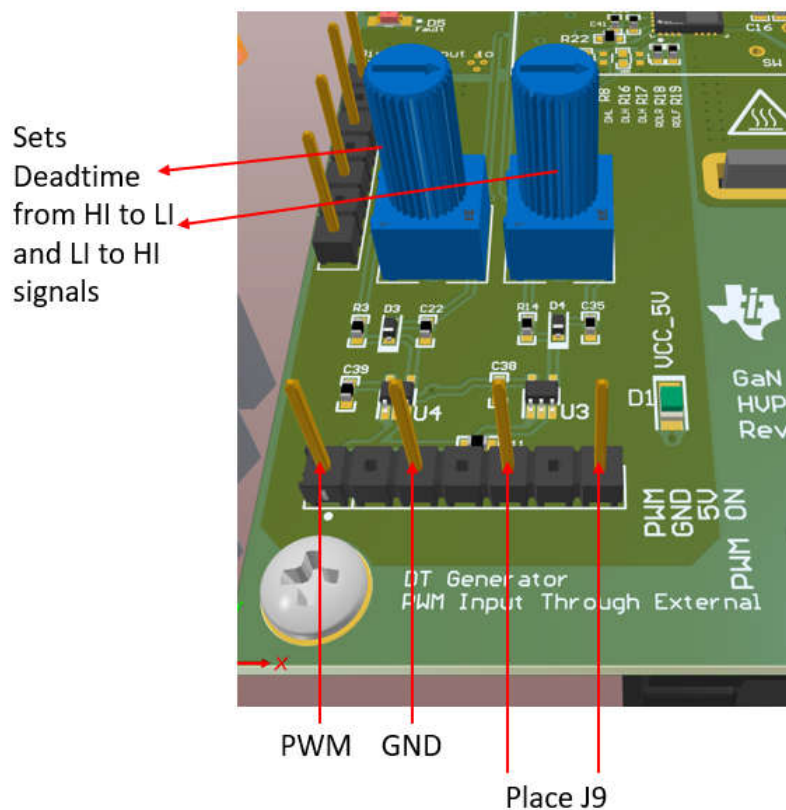


図 2-1. IIM モード シングル PWM

#### 2.1.1.2.2 2つの個別のPWM入力(デュアルPWM入力)を使用するIIMモード

2つの個別のPWM入力を適用することで、HIとLIを独立して制御できます。まず、J7のピン3とピン4にあるジャンパJ9を取り外します。次に、J6に2つの個別のPWMパルスを印加します。J6のピン2にHI信号を印加し、LI信号はJ6のピン3に印加します。この評価基板ではHIとLI遷移を分離するデッドタイムは生成されないことに注意してください。したがって、シャットスルー状態を回避するため、この動作モードの制御信号には細心の注意を払う必要があります。TIは、外部PWM信号を通じて5ns以上のデッドタイムを設けることを推奨します。

このモードを有効にするには、J7のピン3とピン4のシャントが取り外されていることを確認します。

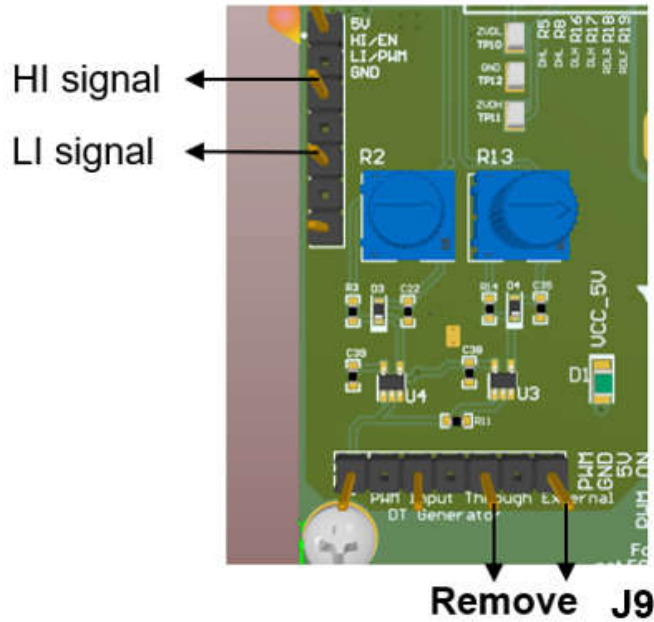


図 2-2. IIM モード デュアル PWM

#### 2.1.1.2.3 PWM 入力モード (シングル PWM 入力)

PWM モードで使用する場合、LMG210x はシングル PWM 入力で作動し、DLH ピンと DHL ピンの外部抵抗によってそれぞれ Low から High、High から Low への遷移のデッドタイムが設定されます。RDLF (R19) をフロート状態にすることで、PWM モードが有効になります。ジャンパ J9 を使用して J6 のピン 1 とピン 2 を短絡し、ハイサイドとローサイド両方の FET のゲートドライブを有効にします。ファンクション ジェネレータからのシングル PWM 入力を J6 のピン 3 に印加します。

抵抗 R8 および R17 は、それぞれ High から Low への遷移と Low から High への遷移のデッドタイムを設定します。

表 2-2. PWM モードの真理値表

ENIN	PWM	ハイサイド GaN FET	ローサイド GaN FET	SW
L	L	OFF	OFF	ハイインピーダンス
L	H	OFF	OFF	ハイインピーダンス
H	L	オン	OFF	VIN
H	H	OFF	オン	PGND

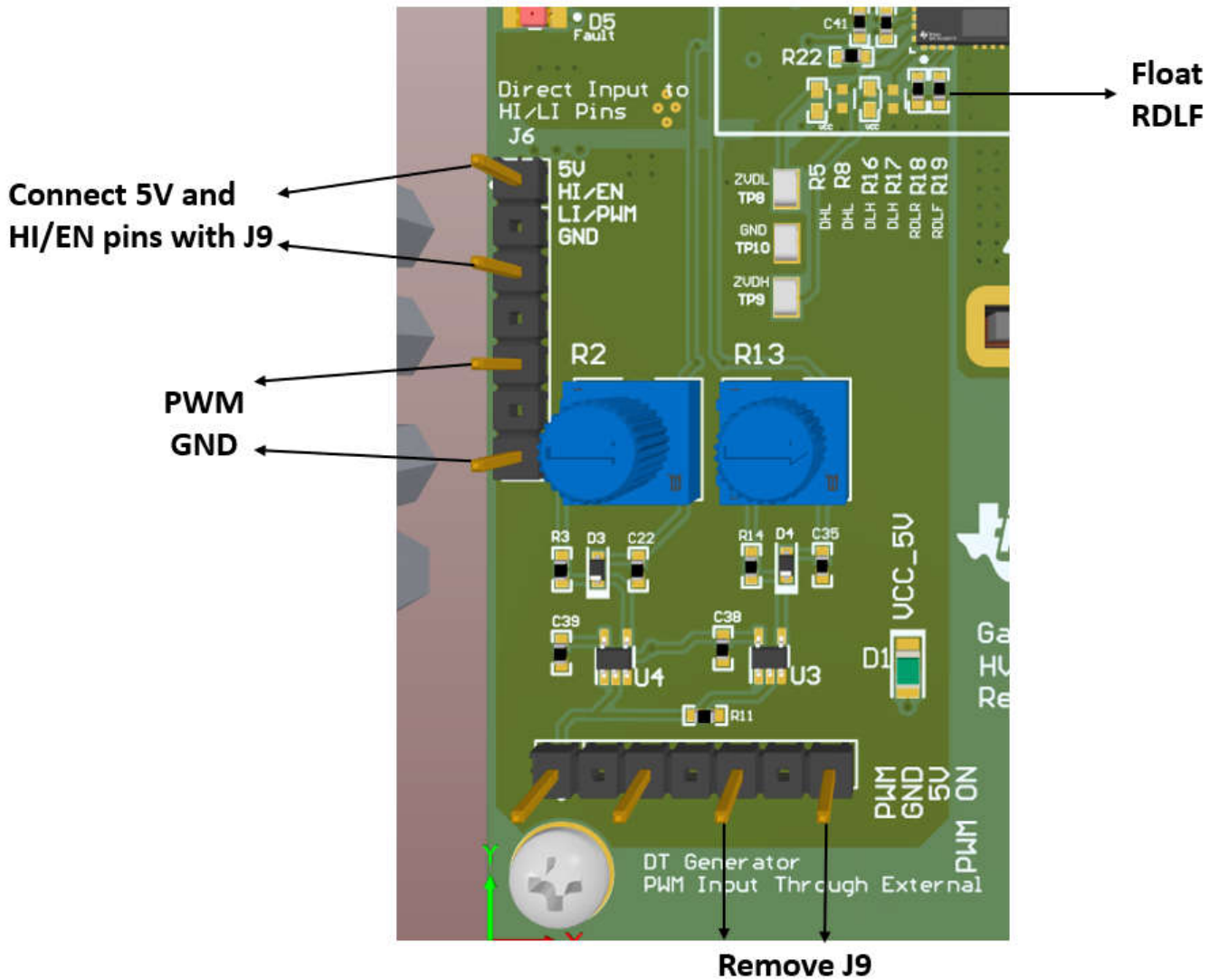


図 2-3. PWM モード シングル PWM

### 2.1.1.3 抵抗制御

#### 2.1.1.3.1 スルーレート制御抵抗

LMG210XEVM-143 は、両方の FET に対してターンオンとターンオフのスルーレート制御を提供します。

R15 (RDHR): HS FET ターンオンのスルーレート制御を設定

R20 (RDHF): HS FET ターンオフのスルーレート制御を設定

R18 (RDLR): LS FET ターンオンのスルーレート制御を設定

R19 (RDLF): LS FET ターンオフのスルーレート制御を設定

#### 2.1.1.3.2 デッドタイム制御抵抗

PWM モードでのみ適用できます。

R8 (DHL): High から Low への遷移のデッドタイムを設定します。

R17 (DLH): Low から High への遷移のデッドタイムを設定します。

#### 2.1.1.4 電源

入力電圧を J1 コネクタに接続し、正と負の電源が適切に接続されていることを確認します。正および負の端子は基板にマーク付けされています。入力電源のセンス接続は、それぞれ TP1 と TP7 のテストポイントを経由します。これは、基板に対する抵抗性損失を考慮し、計算された損失が基板と LMG210XR022 ハーフブリッジに関連することを検証できるため、効率計算時に役立ちます。

#### 注

印加されている入力電圧が 75V を超える場合は、入力コネクタに接続されている TVS ダイオード (D6) を取り外してください。

出力負荷は J2 コネクタに接続しています。正と負のセンス信号は、それぞれ TP2 と TP3 です。

### 2.2 パワーアップの手順

#### 2.2.1 ステップ1:ドライババイアス電源

最初にドライババイアス電源 (5.5V ~ 10V) を投入します。ドライババイアス電源が投入されると、D1 ダイオードが点灯します。この手順の後、セクション 2.1.1.2 の 3 つの方法のいずれかを使用して PWM パルスを印加し、J6 のピン 2 とピン 3 の PWM 信号を観測します。ハイサイドとローサイドの PWM 信号が、入力電圧と負荷に応じて、目的の周波数 (100kHz ~ 1MHz) であることを確認します。また、High から Low、Low から High への PWM 遷移の間のデフォルトのデッドタイムも確認します。

#### 2.2.2 ステップ2:入力電源

入力電源 (0V ~ 80V) を投入します。入力電圧電源が投入されると、D2 ダイオードが点灯します。センス信号 (TP2、TP3) の出力電圧を観測します。出力が目的の電圧になるように、PWM デューティサイクルを調整します。適切な電子負荷を使用して出力に負荷をかけます。

---

#### 注

電源の負荷がかかったときの損失を補償するために、PWM デューティサイクルを調整する必要があります。

---

### 2.2.3 ステップ 3: SW 電圧の測定

SW ノードを観察するには、[図 2-4](#) に示すように、チップとバレルプローブを SW ノードと PGND に接続します。これにより、測定ループが小さく、そのため SW ノードの動作が正確に反映されていることが検証されます。大きなループを使用する場合、SW ノードの  $dv/dt$  が高いことと、ループの寄生インピーダンス (インダクタンス) が原因で、SW ノードの測定値に大きなリングングが観測されます。このリングングはデバイスの性能を表すものではなく、測定上のアーティファクトです。ボードの電源を投入する前にプローブに接続する必要があります。また、適切な安全上の注意が払われていることを確認する必要があります。ヒートシンクを使用する場合に測定しやすいように、TP5 と TP11 用のパッドが底面に配置されています。

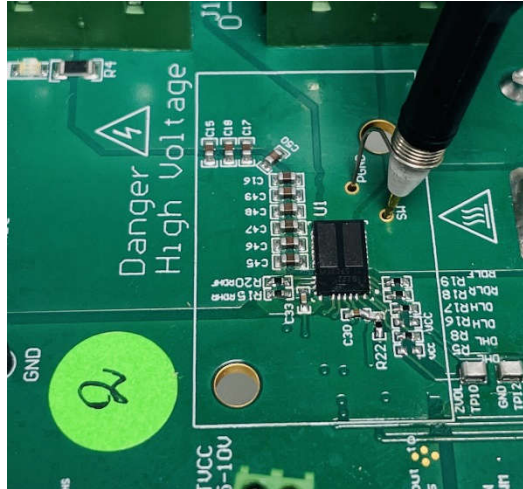


図 2-4. SW ノードの測定

### 2.2.4 デッドタイムの設定

デッドタイムは、ジャンパ J7 に接続された反転 PWM 入力と非反転 PWM 入力との間の RC 遅延によって設定されます。デッドタイムを変更する必要は一般にありませんが、デッドタイムが効率に及ぼす影響を評価するために、RC 遅延を変化させることができます。ポテンショメータ R2 と R13 を変更して適切なデッドタイムを取得するのに、それほど時間はかかりません。ポテンショメータが 0 に設定されているときの最小デッドタイムは 5ns となります。

## 2.3 パワーダウンの手順

ボードのパワーダウンを行うには、パワーアップ手順を逆順に実行する必要があります。

- 最初に負荷をオフにする必要があります。
- 次に、入力電源をオフにします。
- 次に、PWM 信号をオフにする必要があります。
- 最後に、ドライババイアス電源をオフにします。

## 2.4 ゼロ電圧検出 (ZVD) レポート

LMG210xEVM-143 は、いずれかの遷移でハイサイドおよびローサイド FET が第 3 クアドラントに遷移したかどうかを示すゼロ電圧検出 (ZVD) をサポートしています。この情報は、ZVDH (ハイサイド FET 用) および ZVDL (ローサイド FET 用) ピンで通知されます。この機能は IIM モードでのみ利用可能です。

テストポイント TP8 および TP9 は、それぞれ ZVDL 信号と ZVDH 信号を示しています。

## 2.5 最適ダイオードモード

LMG210xEVM-143 は理想ダイオードモード (IDM) をサポートしており、ソフトスイッチングアプリケーション向けにハイサイドとローサイド両方の FET の第 3 クアドラント導通時間を最小限に抑えることができます。ハイサイド FET の IDM は、RDHR ピン (R15) をフローティングにすると有効化されます。ローサイド FET の IDM は、ZVDL ピンを VCC に接続することで有効化されます。これは、 $0\Omega$  の抵抗で R5 を短絡することで実現できます。

## 2.6 フォルト検出

LMG210XR022 では、EN/FLT ピンで検出される 3 種類のフォルト (ローサイド GaN FET の短絡、VCC 電源の UVLO イベント、ドライバの過熱イベント) が示されています。一度アサートされると、アクティブ Low のフォルト信号は、3 つのいずれかのフォルトが存在する間アサート状態が維持され、フォルトを示すフォルト表示 LED D5 が点灯します。

## 2.7 組み立てガイドライン

LMG210XR022 サンプルに推奨される、次の組み立てガイドラインに従ってください。

- 融点が 130°C ~ 140°C 前後の低温半田ペースト (Sn42-Bi58 など) を使用します。
- 底面加熱による半田付け:
  - デバイスの直下に部品を置かない、より薄型の基板 (4 層以下) に推奨されます。
  - データシートに記載されているステンシルの推奨事項に従って、半田ペーストを配置します。
  - 基板はホット エア ブロワの上部から約 2 ~ 3cm の台座の上に保持され、デバイスはフットプリント上に維持されるように位置合わせされます。
- 上面加熱による半田付け:
  - この方法は、より厚い基板 (4 層以上) の場合に推奨されます。
  - ホット エア ガン (温度を 400°C に設定) を使用し、デバイスの真上を避けてその周囲に吹き付けます (温度を高くすることもできますが、その場合は持続時間を短くしてください)。
- 信号ピンが適切に半田付けされていることを確認します。余分な半田がある場合は、半田ごてを使用して手作業で除去してください。
- 特に PGND パッド (ピン番号 6) の端近くに半田ペーストを過剰に塗布しないようにしてください。
- 自動リフロー オープンで組立てを行う場合は、温度を 180°C 未満に設定します。

### 3 実装結果

#### 3.1 電氣的性能の仕様

この評価基板が使用しているインダクタは、定格  $45.3A$  の  $15\mu H$  インダクタです。より高いスイッチング周波数とより高い電流レベルで動作させると、このインダクタは発熱する可能性があります。インダクタの温度を監視し、必要に応じて外部ファン冷却機能を追加してください。スイッチング周波数は、外部 PWM 信号 ( $0V \sim 5V$ ) によって設定されます。この PWM 信号のデューティサイクルには、ハーフブリッジ モジュールのデューティサイクルを設定します。

##### 3.1.1 評価設定

このセクションでは、評価基板のハードウェアについて説明し、評価用に設定する手順の概要を示します。次の画像は、LMG210XEVM-143 の上面図と底面図を示しています。

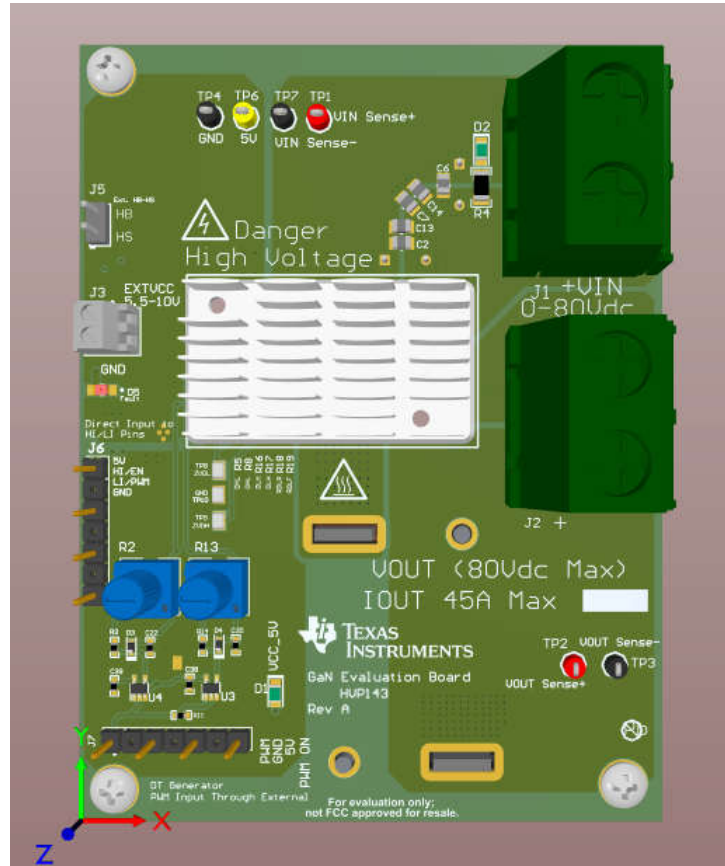


図 3-1. LMG210XEVM-143 ボード (上面図)

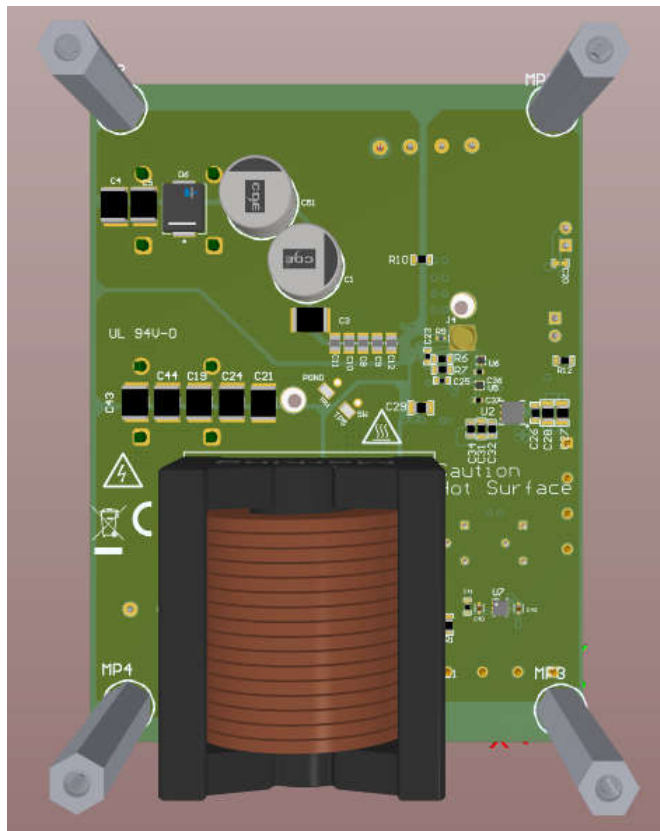


図 3-2. LMG210XEV-143 ボード (底面図)

この評価基板をヒートシンク (S05MZZ37、20mm × 35mm × 10mm) と組み合わせて取り付け、放熱性能を向上させることができます。2つの露出したサーマルパッドの間には高電圧の電位差があるため、電氣的に絶縁されたサーマルインターフェイス材 (TIM) を使用します。GR80A-0H-50GY の TIM は、デバイスとヒートシンクの間配置されています。

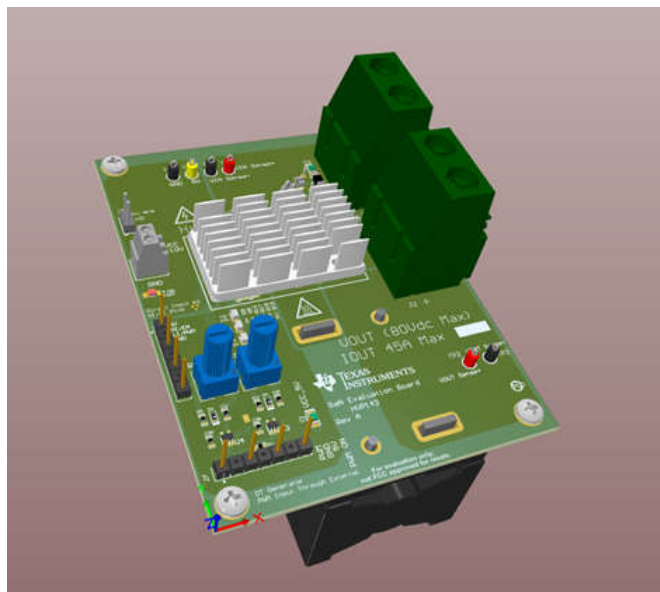


図 3-3. 評価基板、ヒートシンク付き

### 3.2 性能データおよび結果

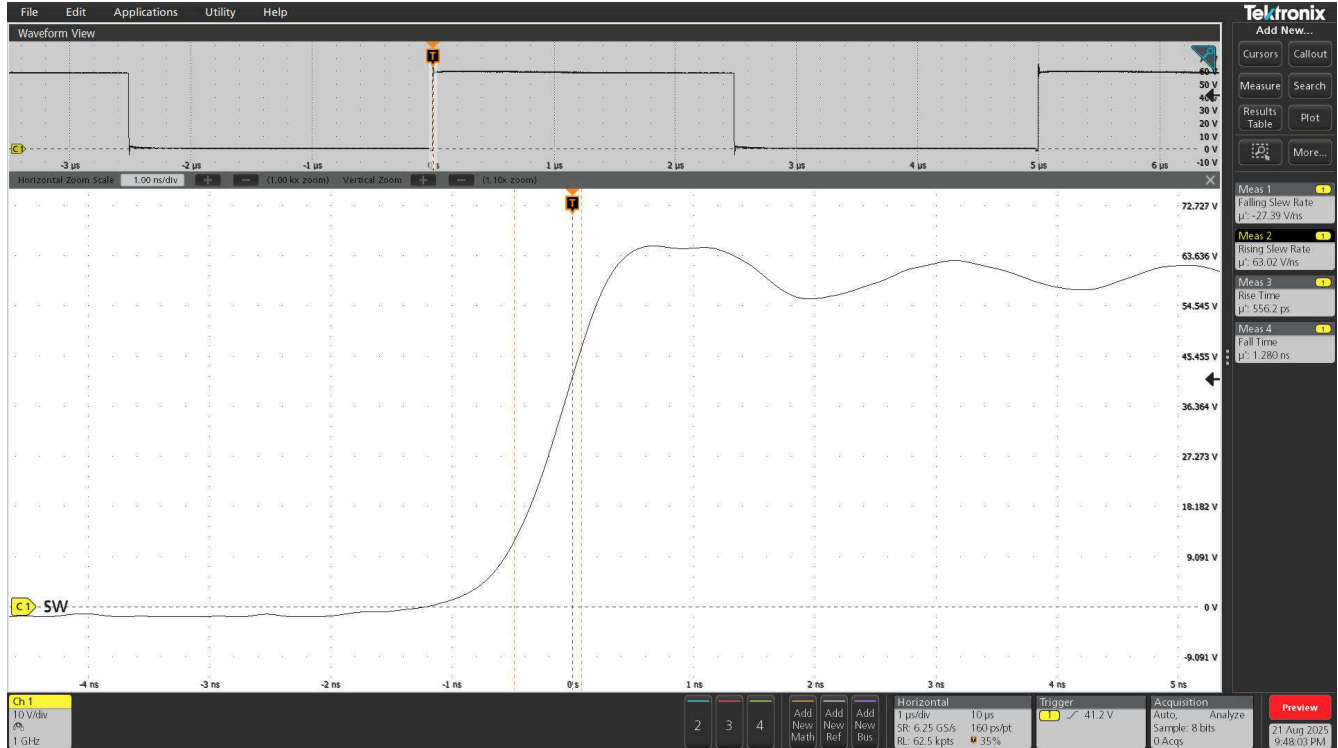


図 3-4. RDHR、RDHF、RDLR、RDLF を 0kΩ に設定した場合の SW 電圧の立ち上がり

RDHR、RDHF、RDLR、RDLF の各抵抗を 0kΩ に設定した状態で、60V ~ 30V、20A の負荷降圧 (200kHz 時) におけるスイッチング ノードの動作。立ち上がりスローレート: 63V/ns、立ち下がりスローレート: -27.4V/ns。

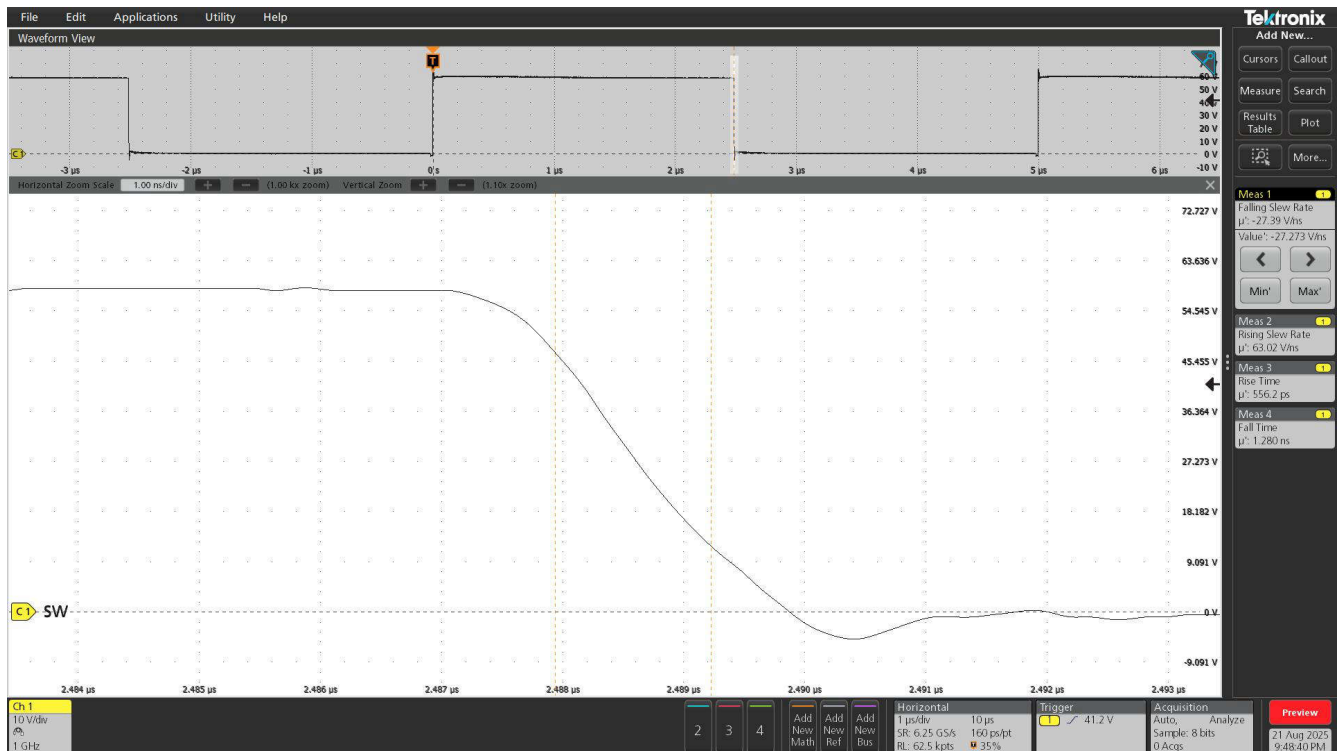


図 3-5. RDHR、RDHF、RDLR、RDLF を 0kΩ に設定した場合の SW 電圧の立ち下がり

RDHR、RDHF、RDLR、RDLF の各抵抗を  $8k\Omega$  に設定した状態で、 $60V \sim 30V$ 、 $20A$  の負荷降圧 (200kHz 時) におけるスイッチング ノードの動作。立ち上がりスルーレート: $7.4V/ns$ 、立ち下がりスルーレート: $-10V/ns$

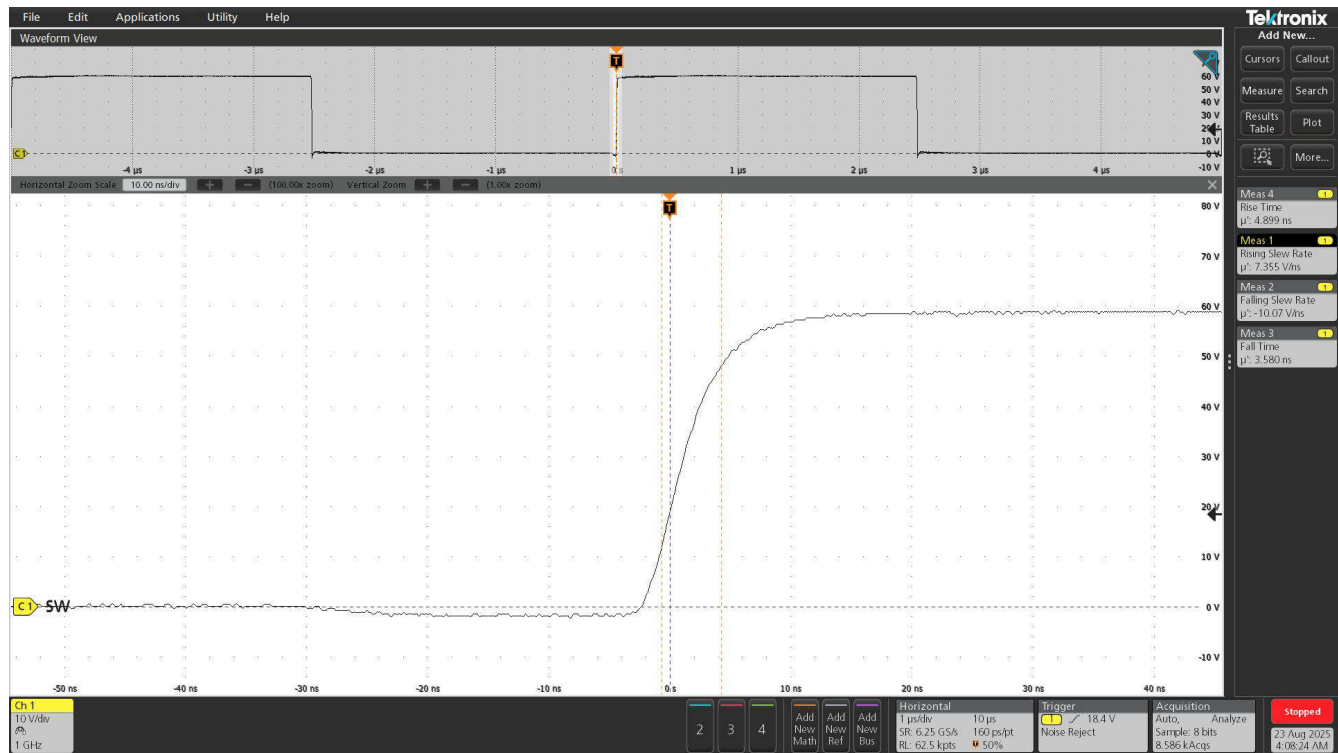


図 3-6. RDHR、RDHF、RDLR、RDLF を  $8k\Omega$  に設定した場合の SW 電圧の立ち上がり

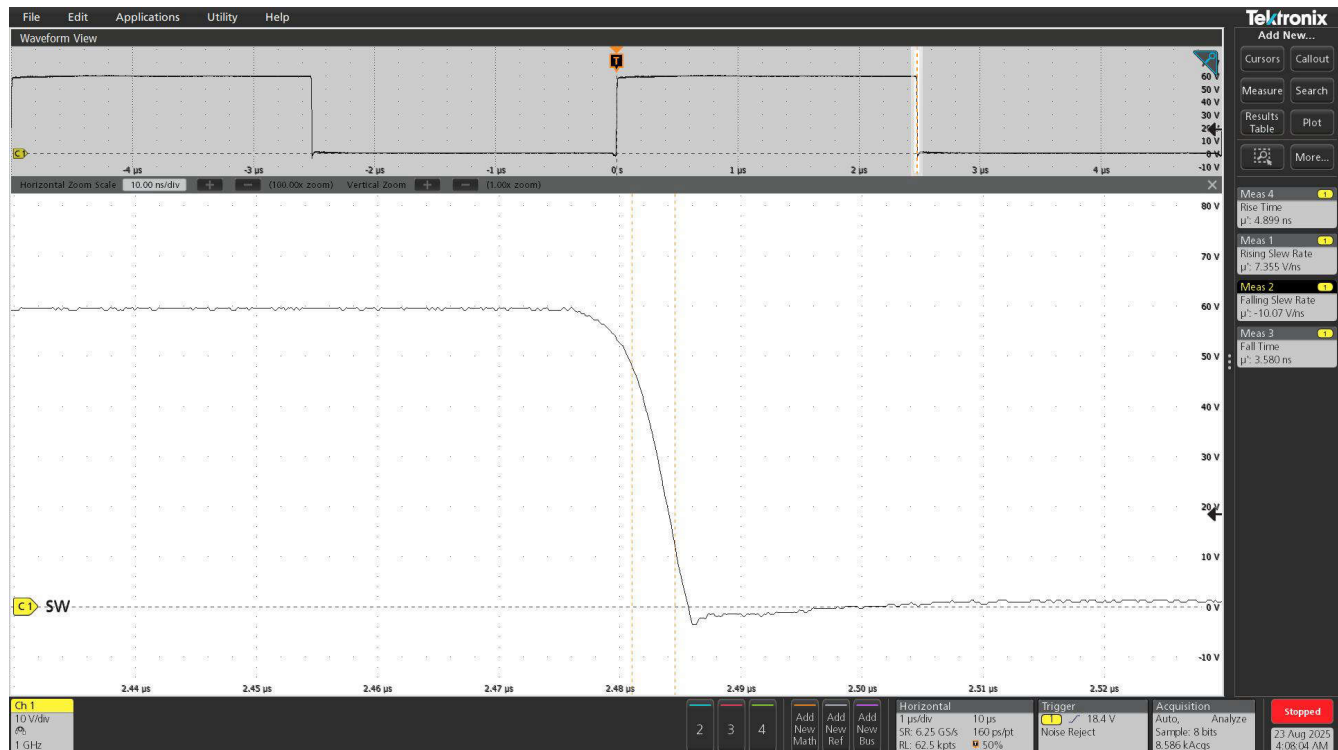


図 3-7. RDHR、RDHF、RDLR、RDLF を  $8k\Omega$  に設定した場合の SW 電圧の立ち下がり

RDHR、RDHF、RDLR、RDLF の各抵抗を 16kΩ に設定した状態で、60V ~ 30V、20A の負荷降圧 (200kHz 時) におけるスイッチング ノードの動作。立ち上がりスルーレート:4.7V/ns、立ち下がりスルーレート:-6.4V/ns

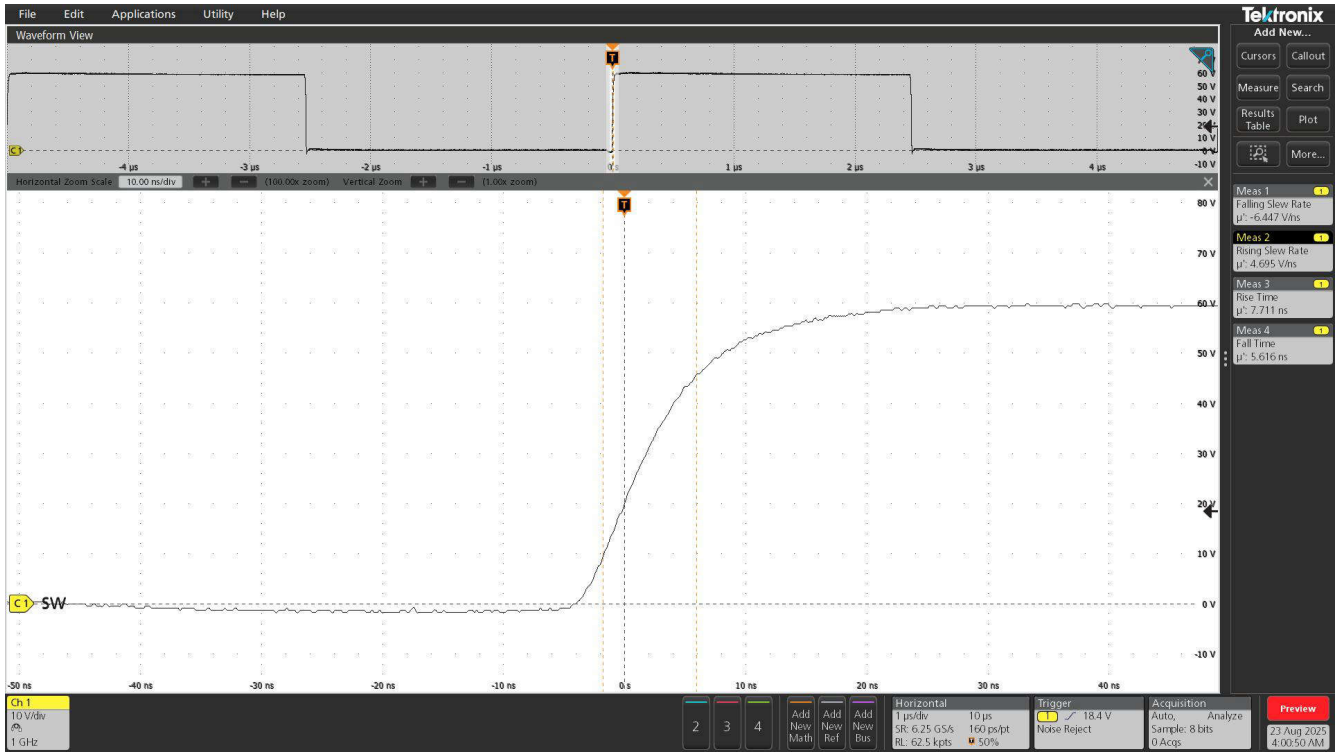


図 3-8. RDHR、RDHF、RDLR、RDLF を 16kΩ に設定した場合の SW 電圧の立ち上がり

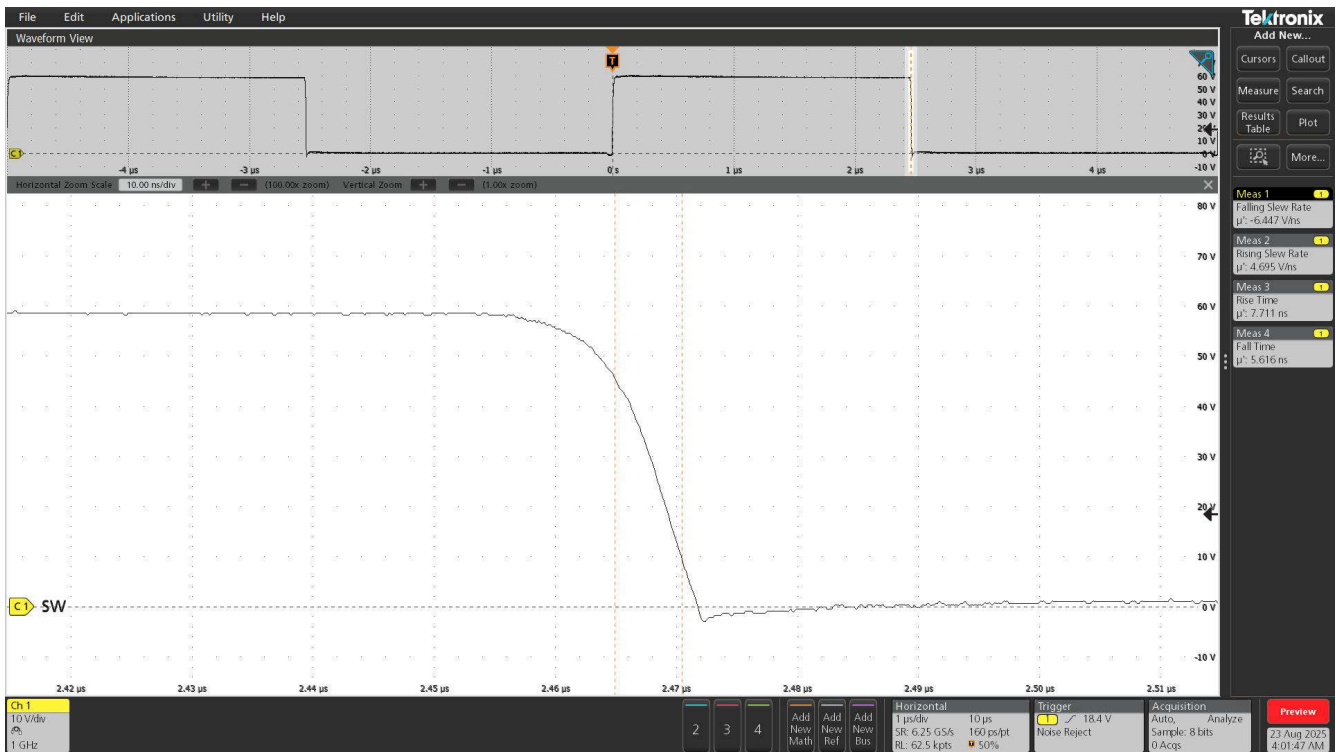


図 3-9. RDHR、RDHF、RDLR、RDLF を 16kΩ に設定した場合の SW 電圧の立ち下がり

200kHz、60V ~ 30V (20A 負荷時) のスイッチング。

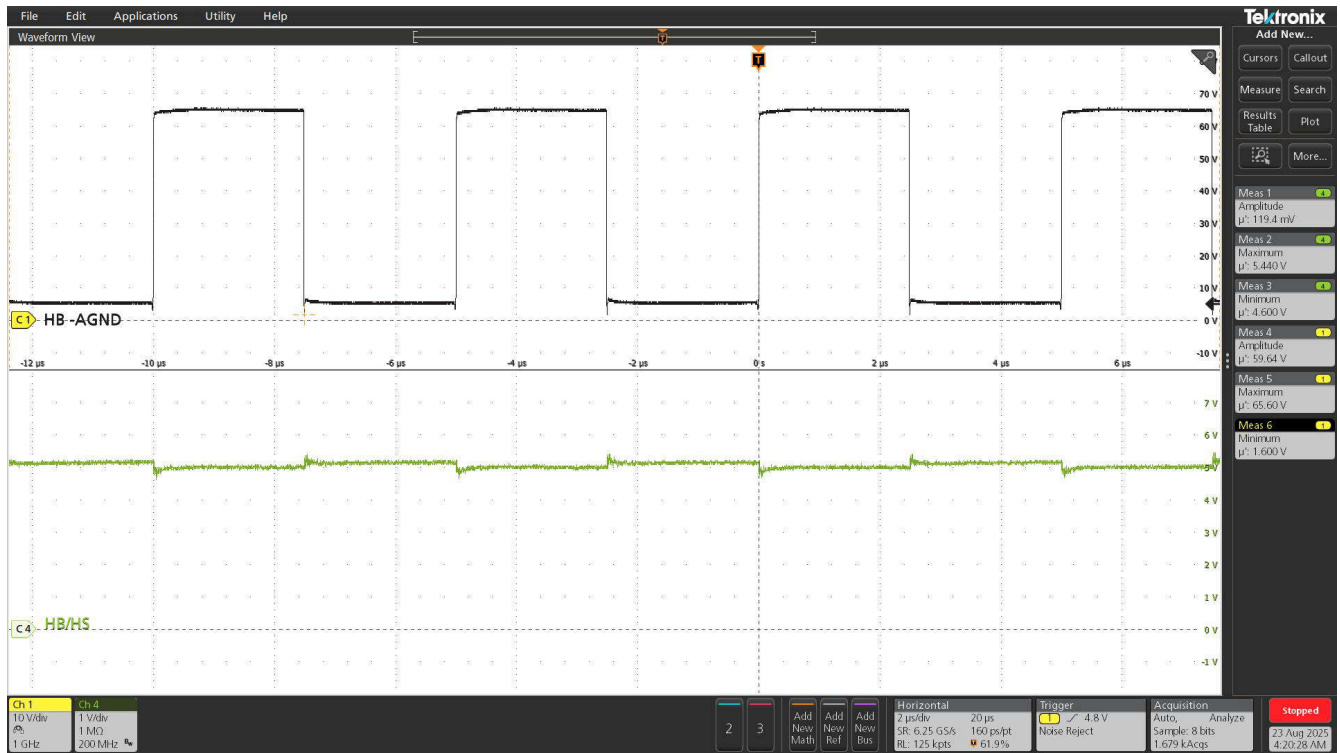


図 3-10. HB-AGND および HB/HS の波形

200kHz、60V ~ 30V (20A 負荷時) の PWM モード。DLH と DHL を 10kΩ に設定したときの、LI 立ち下がり と HI 立ち上がり、HI 立ち下がり と LI 立ち上がり の間のデッドタイムを示します。

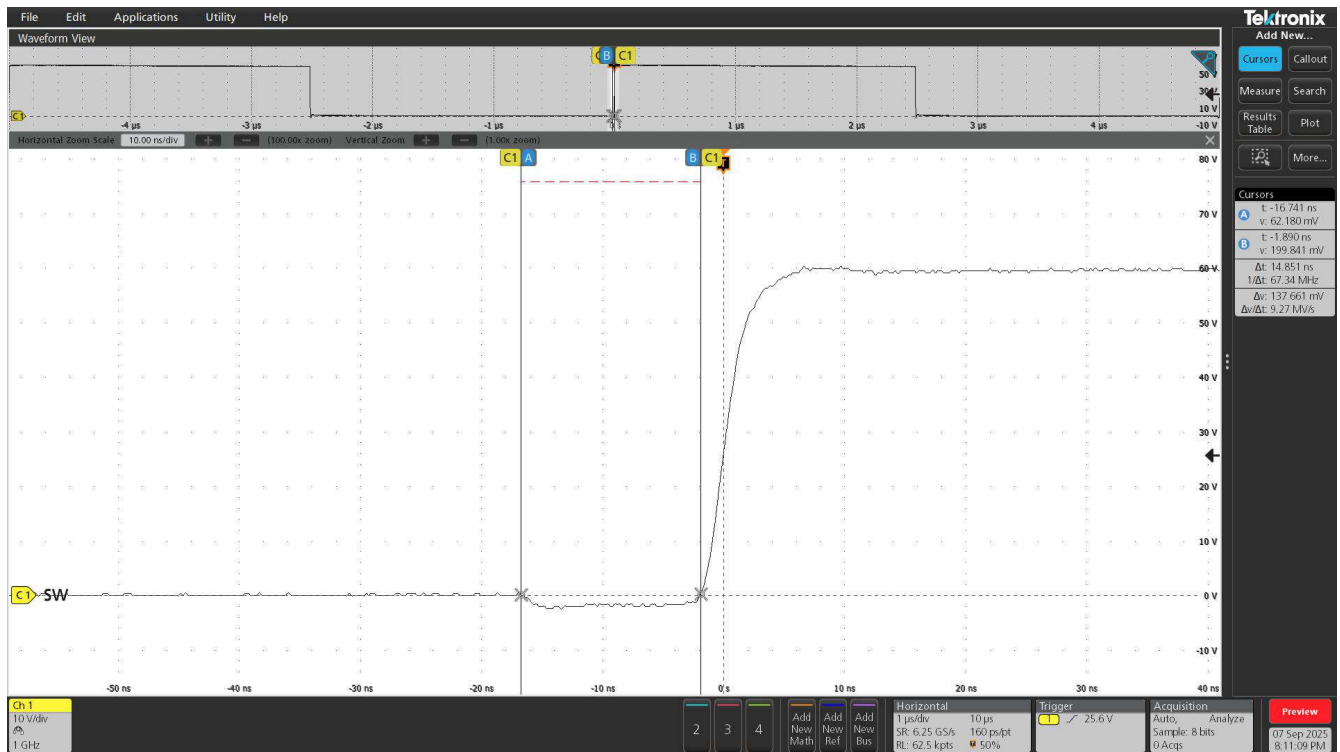


図 3-11. LI 立ち下がりから HI 立ち上がりまでの PWM モードのデッドタイム

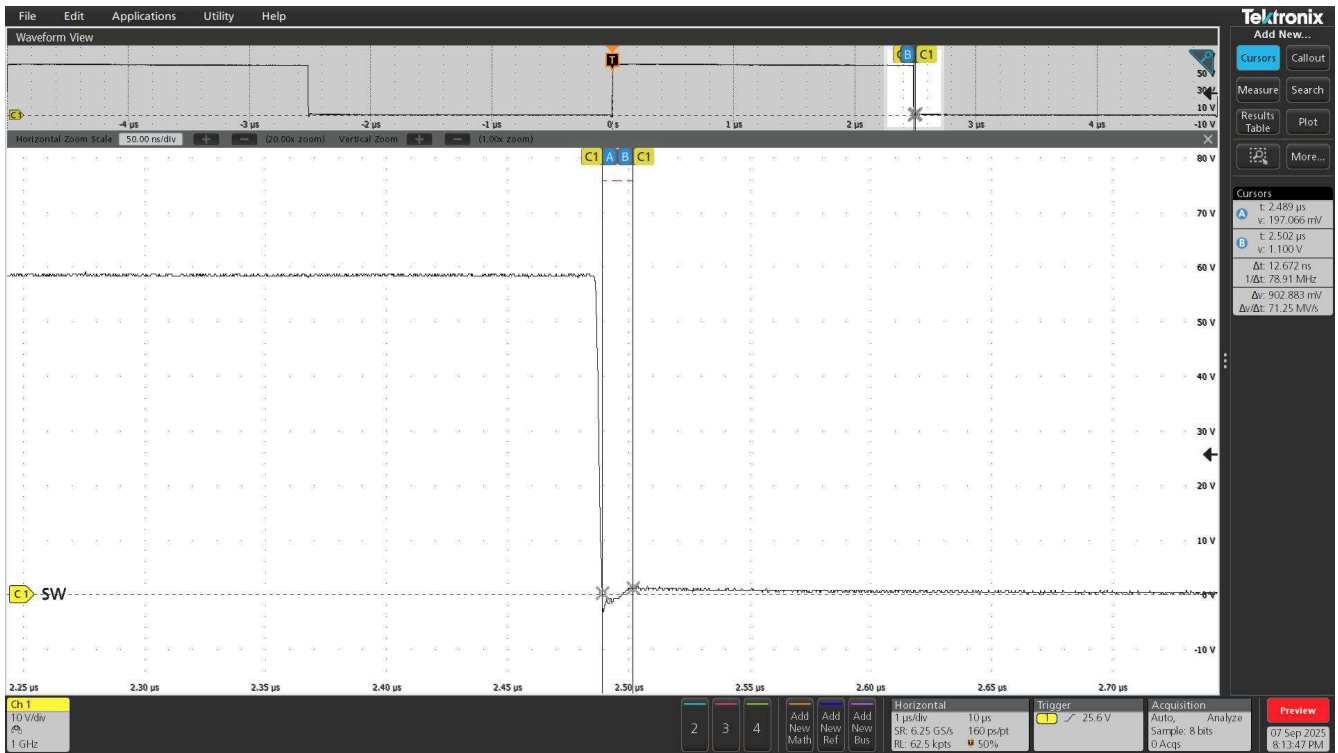


図 3-12. HI 立ち下がりから LI 立ち上がりまでの PWM モードのデッドタイム

60V ~ 30V の無負荷時にハイサイド FET とローサイド FET のゼロ電圧検出。



図 3-13. ZVDH と ZVDL の報告

ここでは、ZVDH に 1 パルス遅延が報告され、ZVDL は同じパルスで報告されています。  
ハイサイド FET とローサイド FET には理想ダイオード モードが適用されています。

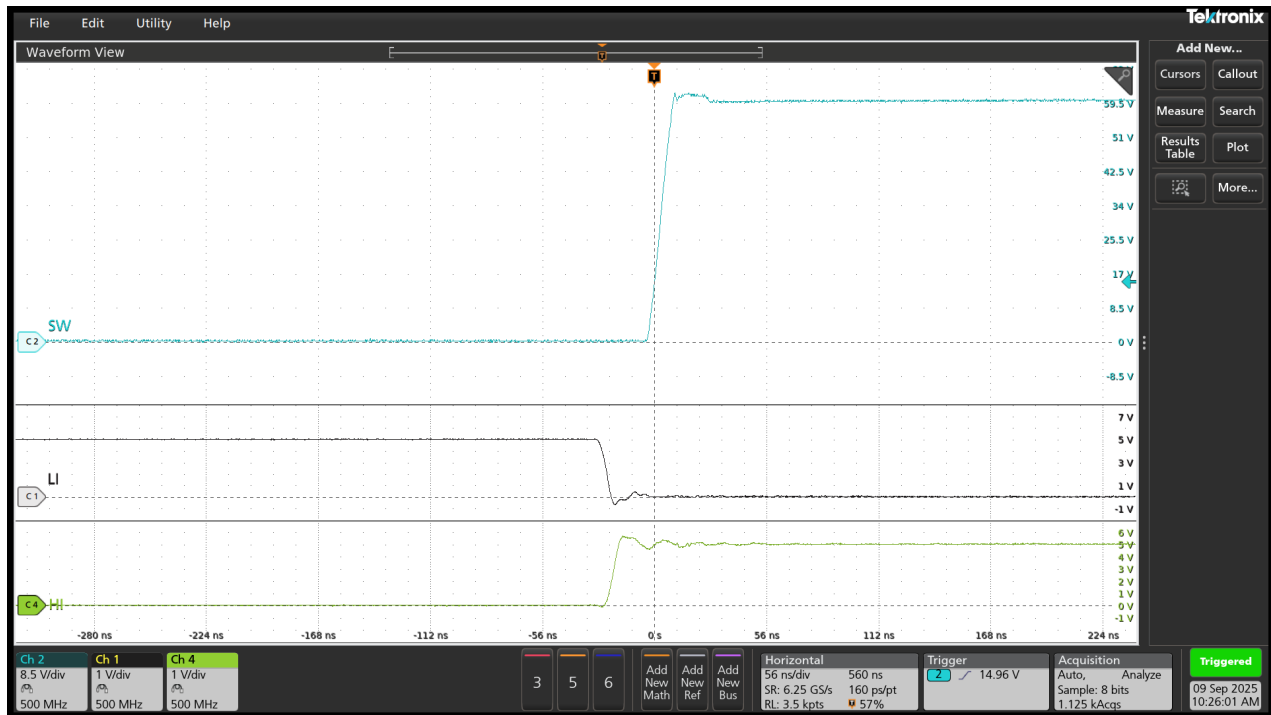


図 3-14. HS FET の IDM

HS FET の IDM が有効化され、HI = High です。デバイスはスイッチ ノード (SW) がソフトスイッチングを完了し、VTHRESH\_ZVD が VIN を超えて遷移するまで待機します。その時点で、ハイサイド デバイスがオンになります。

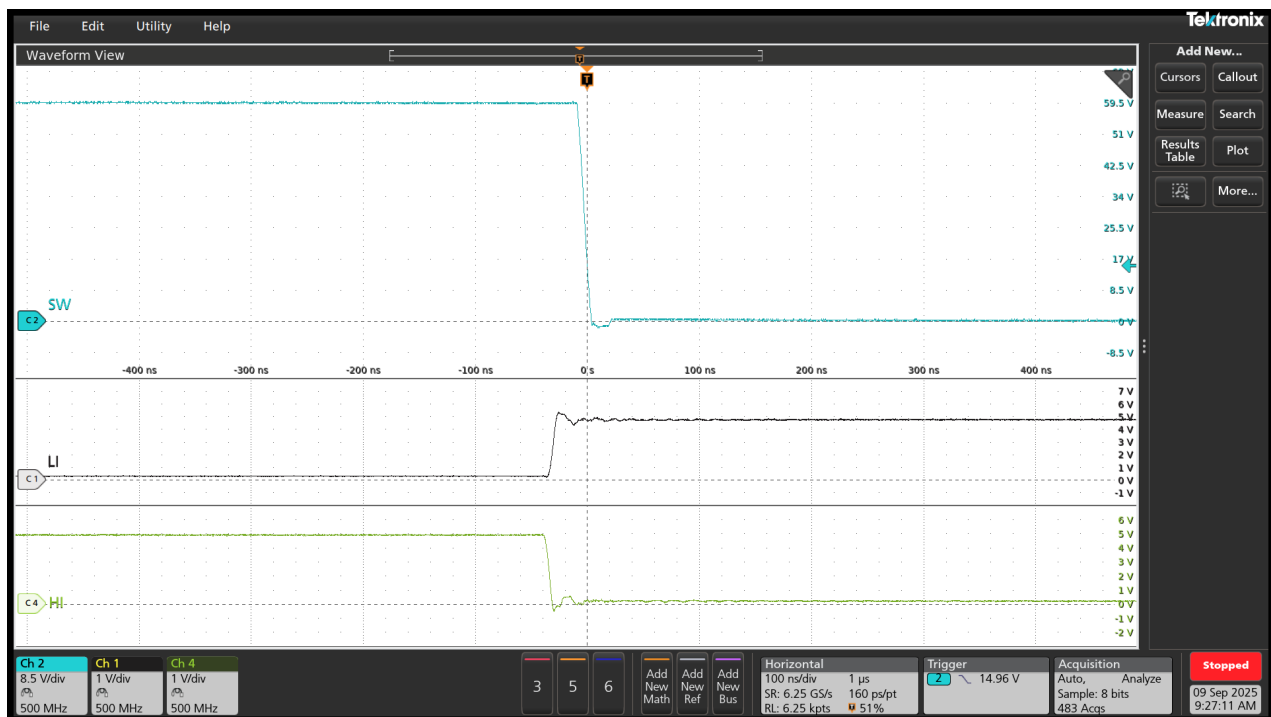


図 3-15. LS FET の IDM

IDM が LS FET で有効化され、LI = High のとき、デバイスはスイッチ ノード (SW) がソフトスイッチングを完了し、VTHRESH\_ZVD が AGND より低く遷移するまで待機します。

### 3.2.1 効率のテスト結果

EVM ボードの昇降圧構成に関する効率データ。

条件: 250kHz で、HI パルスと LI パルス間のデッドタイムは 15ns。

**表 3-1. 降圧構成、60V ~ 30V、電流負荷 10A、20A、25A**

V_IN (V)	I_IN (A)	V_OUT (V)	I_OUT (A)	効率
59.92	5.01	29.7	10	98.8
59.81	10	29.43	20	98.37
59.77	12.49	29.26	25	97.93

**表 3-2. 昇圧構成、30V ~ 60V、電流負荷 5A、7.5A、10A**

V_IN (V)	I_IN (A)	V_OUT (V)	I_OUT (A)	効率
29.8	9.8	58	5	99.2
29.56	14.9	57.67	7.5	98.4
29.4	19.76	56.7	10	97.83

## 4 ハードウェア設計ファイル

### 4.1 回路図

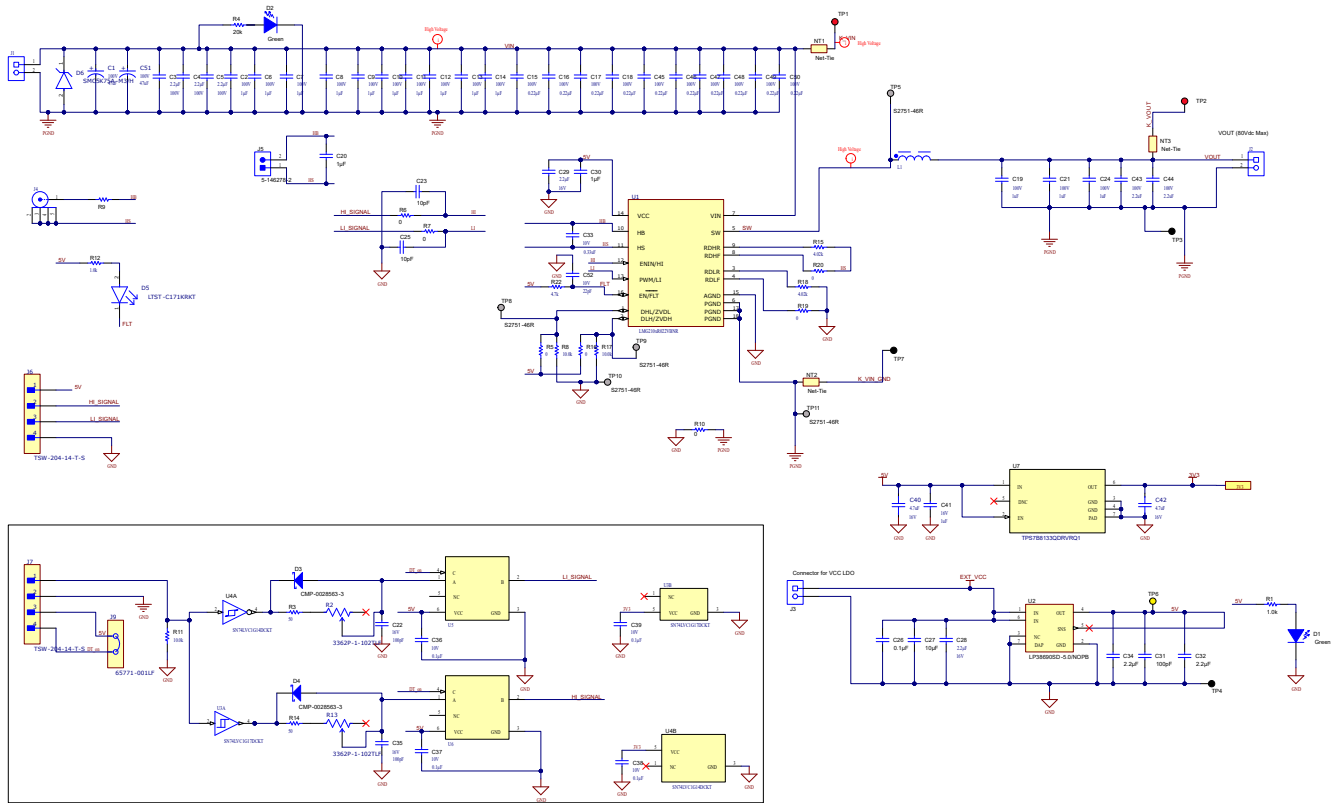


図 4-1. LMG210XEV143 の回路図

## 4.2 PCB のレイアウト

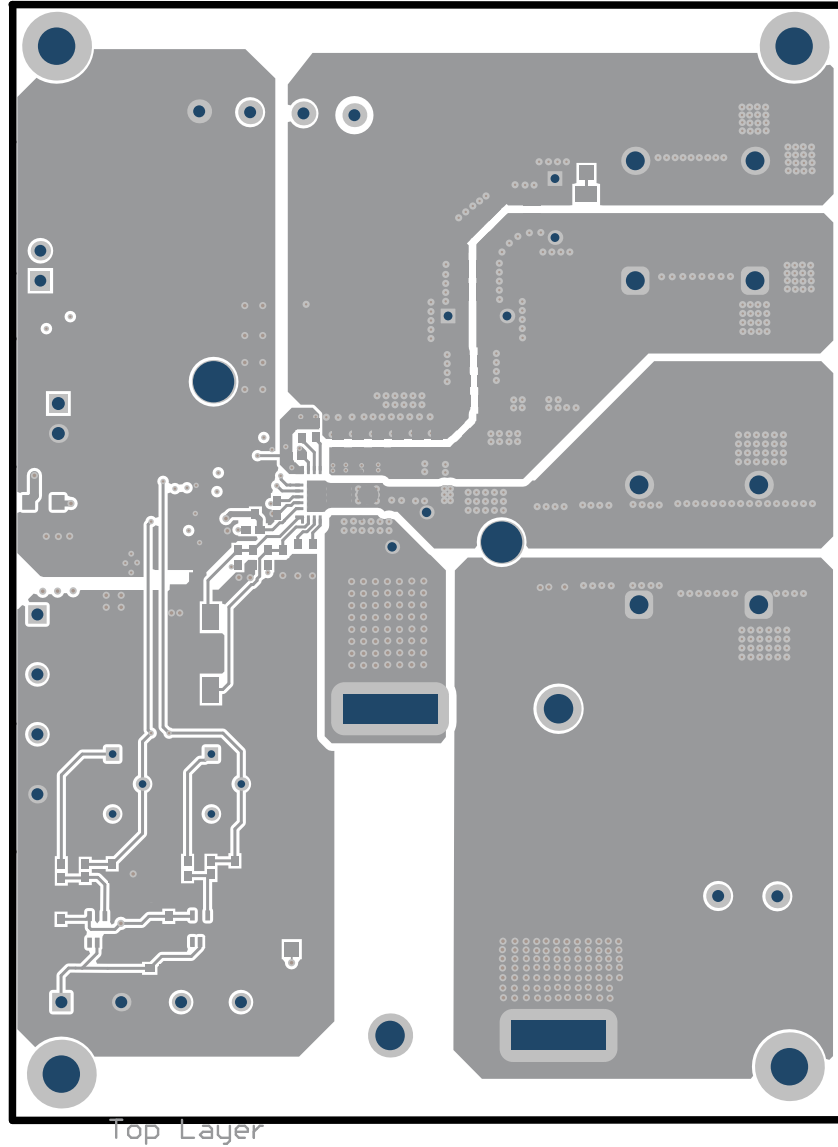


図 4-2. PCB の最上層

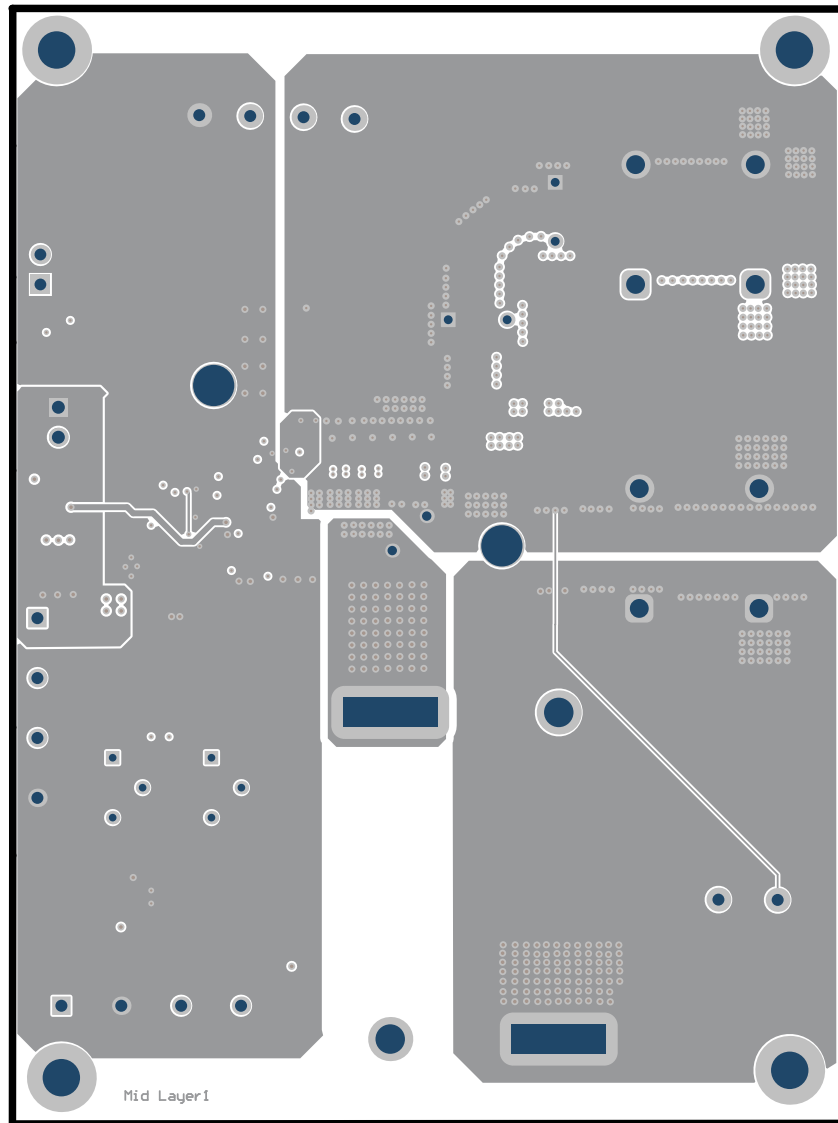


図 4-3. パワー ループの帰路を示す中間層 1

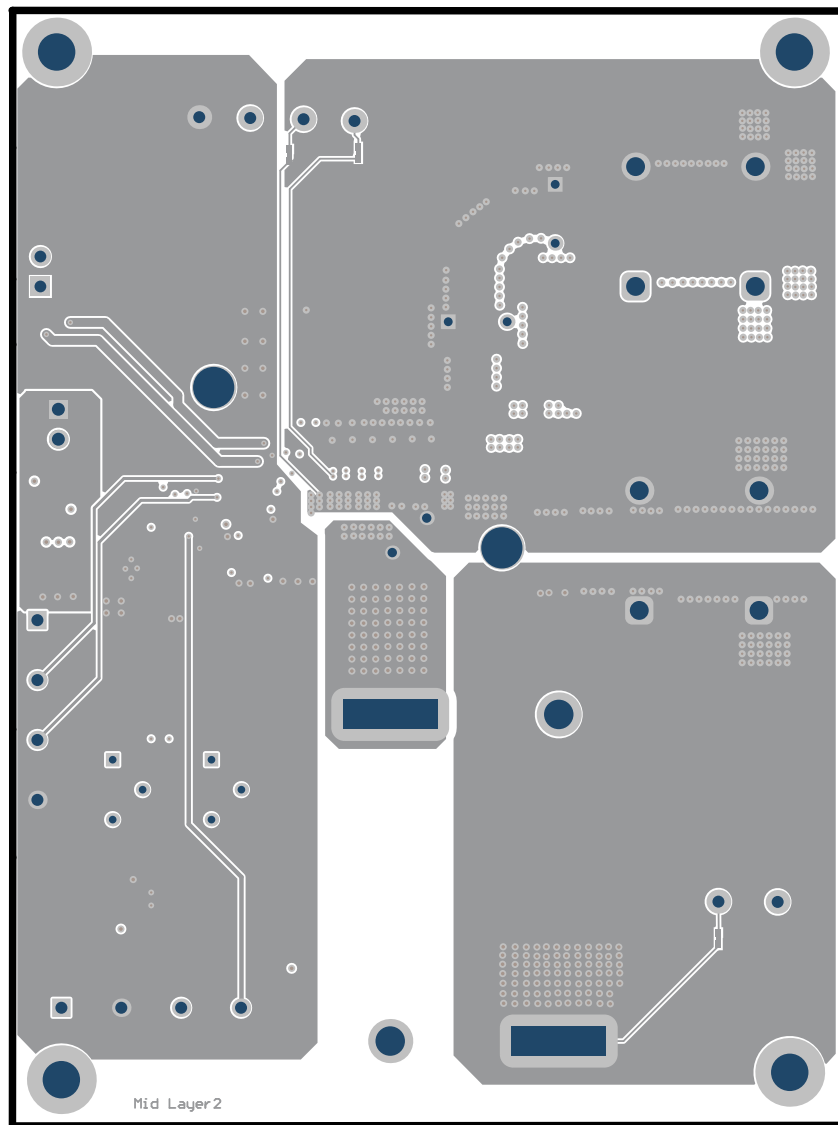


図 4-4. 中間層 2

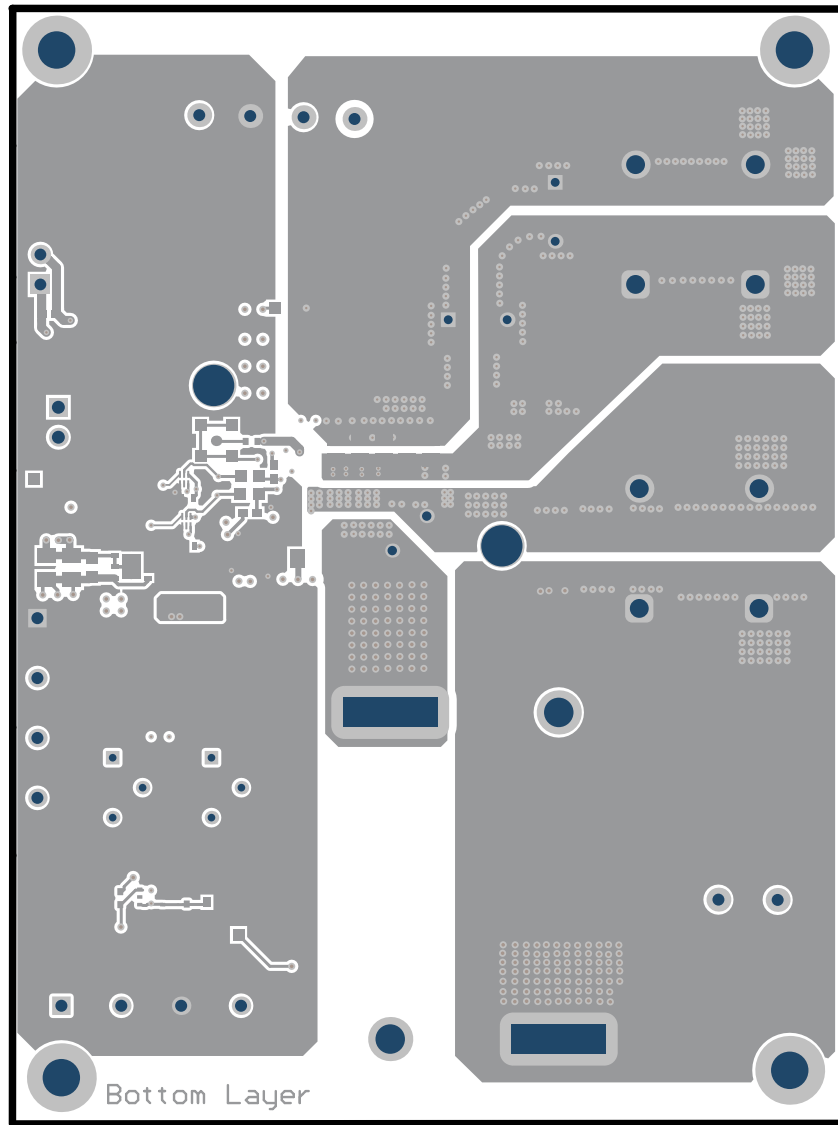


図 4-5. 下層

### 4.3 部品表 (BOM)

表 4-1. 部品表

記号	数量	説明	パッケージ記号	部品番号	メーカー
!PCB1	1	プリント基板		HVP143	任意
C1、C51	2	47 $\mu$ F 100V アルミポリマ コンデンサ、ラジアル、缶型、38m $\Omega$ 、125°C で 2000 時間	ラジアル	476AVG100MGBJ	Cornell Dubilier
C2、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12、C13、C14	10	コンデンサ、セラミック、1 $\mu$ F、100V、 $\pm$ 10%、X7R、AEC-Q200 グレード 1、0805	0805	KAF21KR72A105KU	AVX
C3、C4、C5	3	コンデンサ、セラミック、2.2 $\mu$ F、100V、 $\pm$ 10%、X7R、1812	1812	C1812C225K1RACTU	Kemet
C15、C16、C17、C18、C45、C46、C47、C48、C49、C50	10	コンデンサ、セラミック、0.22 $\mu$ F、100V、 $\pm$ 10%、X7S、AEC-Q200 グレード 1、0603	0603	HMK107C7224KAHTE	Taiyo Yuden
C19、C21、C24	3	コンデンサ、セラミック、1 $\mu$ F、100V、 $\pm$ 10%、X7R、1812	1812	C4532X7R2A105K230KA	TDK
C22、C35	2	コンデンサ、セラミック、100pF、16V、 $\pm$ 10%、X7R、0402	0402	0402YC101KAT2A	AVX
C23、C25	2	コンデンサ、セラミック、10pF、50V、 $\pm$ 5%、C0G/NP0、0402	0402	GRM1555C1H100JA01D	MuRata
C26	1	コンデンサ、セラミック、0.1 $\mu$ F、16V、 $\pm$ 5%、X7R、0603	0603	0603YC104JAT2A	AVX
C27	1	コンデンサ、セラミック、10 $\mu$ F、25V、 $\pm$ 10%、X5R、0805	0805	C2012X5R1E106K125AB	TDK
C28、C29	2	コンデンサ、セラミック、2.2 $\mu$ F、16V、 $\pm$ 10%、X7R、0805	0805	GRM21BR71C225KA12L	MuRata
C30	1	コンデンサ、セラミック、1 $\mu$ F、25V、 $\pm$ 10%、X5R、0402	0402	C1005X5R1E105K050BC	TDK
C31	1	コンデンサ、セラミック、100pF、25V、 $\pm$ 10%、X7R、0603	0603	06033C101KAT2A	AVX
C32、C34	2	コンデンサ、セラミック、2.2 $\mu$ F、10V、 $\pm$ 10%、X7R、0603	0603	GRM188R71A225KE15D	MuRata
C33	1	コンデンサ、セラミック、0.33 $\mu$ F、10V、 $\pm$ 10%、X5R、0402	0402	GRM155R61A334KE15D	MuRata
C36、C37、C38、C39	4	コンデンサ、セラミック、0.1 $\mu$ F、10V、 $\pm$ 10%、X7R、AEC-Q200 グレード 1、0402	0402	C0402C104K8RACAUTO	Kemet
C40、C42	2	0402、4.7 $\mu$ F、16V、許容誤差 $\pm$ 20%、X5R、表面実装多層セラミックコンデンサ	0402	0402YD475MAT2A	京セラ AVX
C41	1	コンデンサ、セラミック、1 $\mu$ F、16V、 $\pm$ 10%、X5R、0402	0402	EMK105BJ105KVHF	Taiyo Yuden
C43、C44	2	コンデンサ、セラミック、2.2 $\mu$ F、100V、 $\pm$ 10%、X7R、AEC-Q200 グレード 1、1812	1812	CGA8N2X7R2A225K230KA	TDK
C52	1	コンデンサ、セラミック、22pF、10V、 $\pm$ 5%、C0G/NP0、0402	0402	885012005009	Würth Elektronik
D1、D2	2	LED、緑、SMD	LED_0805	LTST-C170KGKT	Lite-On
D3、D4	2	ダイオード、ショットキー、40V、0.03A、SOD-523	SOD-523	SDM03U40-7	Diodes Inc.

表 4-1. 部品表 (続き)

記号	数量	説明	パッケージ記号	部品番号	メーカー
D5	1	赤色 631nm LED 表示 - ディスクリート 2V 0805 (2012 メートル法)	0805	LTST-C171KRKT	Lite-On
D6	1	TVS ダイオード 75VWM 121VC DO214AB	SMC	SMC5K75A-M3/H	Vishay General Semiconductor ダイオード部門
H1	1	ヒート シンク、黒色アルマイト仕上げ、35 x 50mm、高さ 20mm、プッシュ ピンおよびスプリング付き		S05MZZ37	Alpha Novatech
H2	1	サーマル インターフェイス材		GR80A-0H-50GY	Fuji Polymer Industries
H3、H4、H5、H6	4	ナベ小ねじ、十字ねじ 4-40	小ねじ、4-40、1/4 インチ	PMSSS 440 0025PH	B&F Fastener Supply
J1、J2	2	端子台、2 Pos、10.16mm、TH	端子台、2 Pos、10.16mm、TH	1986660-2	TE の接続
J3	1	端子台、2 x 1、2.54mm、TH	端子台、2 x 1、2.54mm、TH	282834-2	TE の接続
J4	1	MMCX JACK、50Ω、金、SMT	MMCX JACK、1 Pos、本体 3.45x3.45mm、SMT	73415-2063	Molex
J5	1	ヘッダ、100mil、2x1、Tin、TH	ヘッダ、2x1、100mil、TH	5-146278-2	TE の接続
J6、J7	2	ONN アンシユラウド ヘッダ、HDR、4 Pos、5.08mm 半田付け、ST、トップ エントリ、スルーホール、バルク品。	HDR4	TSW-204-14T-S	Samtec
J9	1	MINI JUMP 2POS 200CC	SHUNT	65771-001LF	Amphenol ICC
L1	1	WE-HCFT THT 高電流インダクタ、サイズ 3540、15uH、45.3A、2.16mΩ		7443763540150	Wurth Elektronik
MP1、MP2、MP3、MP4	4	六角スタンドオフねじ #4-40 アルミ 1.563" (39.69mm)	スタンドオフ	2121-440-AL	RAF Electronic Hardware
R1	1	RES、1.0kΩ、5%、0.1W、0603	0603	CRCW06031K00JNEA	Vishay-Dale
R2、R13	2	1kΩ 0.5W、1/2W、PC ピン、スルーホール、トリマ ポテンショメータ サーメット、1 回転、トップ フィン ガー調整	PTH_POT_6MM6_6M M99	3362P-1-102TLF	Bourns
R3、R14	2	RES、50、0.1%、0.5W、0402	0402	FC0402E50R0BTBST1	Vishay Thin Film
R4	1	RES、20kΩ、5%、0.25W、1206	1206	CRCW120620K0JNEA	Vishay-Dale
R6、R7、R10	3	RES、0Ω、5%、0.1W、0603	0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R8、R11、R17	3	RES、10.0k、1%、0.063W、AEC-Q200 グレード 0、0402	0402	CRCW040210K0FKED	Vishay-Dale
R9	1	RMCF/RMCP シリーズ汎用厚膜チップ抵抗器 (標準電力および大電力)	0402 (1005 メートル法)	RMCF0402ZT0R00	スタックポール
R12	1	RES、1.0k、5%、0.1W、AEC-Q200 グレード 0、0603	0603	RCA06031K00JNEA	Vishay-Dale
R15、R18	2	RES、4.02k、1%、0.063W、AEC-Q200 グレード 0、0402	0402	CRCW04024K02FKED	Vishay-Dale
R19、R20	2	RES、0、5%、0.063W、AEC-Q200 グレード 0、0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R22	1	RES、4.7k、5%、0.063W、AEC-Q200 グレード 0、0402	0402	CRCW04024K70JNED	Vishay-Dale

表 4-1. 部品表 (続き)

記号	数量	説明	パッケージ記号	部品番号	メーカー
TP1, TP2	2	テスト ポイント、ミニチュア、赤色、TH	赤色ミニチュア テスト ポイント	5000	Keystone
TP3, TP4, TP7	3	テスト ポイント、ミニチュア、黒色、TH	黒色ミニチュア テスト ポイント	5001	Keystone
TP5, TP8, TP9, TP10, TP11	5	テスト ポイント、SMT	テスト ポイント、SMT	S2751-46R	Harwin
TP6	1	テスト ポイント、ミニチュア、黄色、TH	黄色ミニチュア テストポイント	5004	Keystone
U1	1	LMG210xR022VBNR	VQFN-FCRLF18	LMG210xR022VBNR	テキサス・インスツルメンツ
U2	1	1A 低ドロップアウト CMOS リニアレギュレータ、セラミック出力コンデンサで安定動作、6 ピン LLP、鉛フリー	SDE06A	LP38690SD-5.0/NOPB	テキサス・インスツルメンツ
U3	1	シングル シュミットトリガ バッファ、DCK0005A、小型 T&R	DCK0005A	SN74LVC1G17DCKT	テキサス・インスツルメンツ
U4	1	シングル シュミットトリガ インバータ、DCK0005A (SOT-SC70-5)	DCK0005A	SN74LVC1G14DCKT	テキサス・インスツルメンツ
U5, U6	2	シングル アナログ スイッチ、DSF0006A、大型 T&R	DSF0006A	SN74LVC1G66DSFR	テキサス・インスツルメンツ
U7	1	車載、150mA、高電圧、超低静止電流 (IQ)、低ドロップアウト (LDO) リニアレギュレータ、DRV0006A (WSON-6)	DRV0006A	TPS7B8133QDRVRQ1	テキサス・インスツルメンツ
C20	0	コンデンサ、セラミック、1uF、25V、±10%、X5R、0402	0402	C1005X5R1E105K050BC	TDK
R5, R16	0	RES、0、5%、0.063W、AEC-Q200 グレード 0、0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale

## 5 追加情報

### 5.1 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 6 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 \* (October 2025) to Revision A (December 2025)

Page

## STANDARD TERMS FOR EVALUATION MODULES

1. *Delivery:* TI delivers TI evaluation boards, kits, or modules, including any accompanying demonstration software, components, and/or documentation which may be provided together or separately (collectively, an "EVM" or "EVMs") to the User ("User") in accordance with the terms set forth herein. User's acceptance of the EVM is expressly subject to the following terms.
  - 1.1 EVMs are intended solely for product or software developers for use in a research and development setting to facilitate feasibility evaluation, experimentation, or scientific analysis of TI semiconductors products. EVMs have no direct function and are not finished products. EVMs shall not be directly or indirectly assembled as a part or subassembly in any finished product. For clarification, any software or software tools provided with the EVM ("Software") shall not be subject to the terms and conditions set forth herein but rather shall be subject to the applicable terms that accompany such Software
  - 1.2 EVMs are not intended for consumer or household use. EVMs may not be sold, sublicensed, leased, rented, loaned, assigned, or otherwise distributed for commercial purposes by Users, in whole or in part, or used in any finished product or production system.
2. *Limited Warranty and Related Remedies/Disclaimers:*
  - 2.1 These terms do not apply to Software. The warranty, if any, for Software is covered in the applicable Software License Agreement.
  - 2.2 TI warrants that the TI EVM will conform to TI's published specifications for ninety (90) days after the date TI delivers such EVM to User. Notwithstanding the foregoing, TI shall not be liable for a nonconforming EVM if (a) the nonconformity was caused by neglect, misuse or mistreatment by an entity other than TI, including improper installation or testing, or for any EVMs that have been altered or modified in any way by an entity other than TI, (b) the nonconformity resulted from User's design, specifications or instructions for such EVMs or improper system design, or (c) User has not paid on time. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary. TI does not test all parameters of each EVM. User's claims against TI under this Section 2 are void if User fails to notify TI of any apparent defects in the EVMs within ten (10) business days after delivery, or of any hidden defects with ten (10) business days after the defect has been detected.
  - 2.3 TI's sole liability shall be at its option to repair or replace EVMs that fail to conform to the warranty set forth above, or credit User's account for such EVM. TI's liability under this warranty shall be limited to EVMs that are returned during the warranty period to the address designated by TI and that are determined by TI not to conform to such warranty. If TI elects to repair or replace such EVM, TI shall have a reasonable time to repair such EVM or provide replacements. Repaired EVMs shall be warranted for the remainder of the original warranty period. Replaced EVMs shall be warranted for a new full ninety (90) day warranty period.

### **WARNING**

**Evaluation Kits are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems.**

**User shall operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines and any applicable legal or environmental requirements as well as reasonable and customary safeguards. Failure to set up and/or operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines may result in personal injury or death or property damage. Proper set up entails following TI's instructions for electrical ratings of interface circuits such as input, output and electrical loads.**

**NOTE:**

**EXPOSURE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE (ESD) MAY CAUSE DEGRADATION OR FAILURE OF THE EVALUATION KIT; TI RECOMMENDS STORAGE OF THE EVALUATION KIT IN A PROTECTIVE ESD BAG.**

### 3 Regulatory Notices:

#### 3.1 United States

##### 3.1.1 Notice applicable to EVMs not FCC-Approved:

**FCC NOTICE:** This kit is designed to allow product developers to evaluate electronic components, circuitry, or software associated with the kit to determine whether to incorporate such items in a finished product and software developers to write software applications for use with the end product. This kit is not a finished product and when assembled may not be resold or otherwise marketed unless all required FCC equipment authorizations are first obtained. Operation is subject to the condition that this product not cause harmful interference to licensed radio stations and that this product accept harmful interference. Unless the assembled kit is designed to operate under part 15, part 18 or part 95 of this chapter, the operator of the kit must operate under the authority of an FCC license holder or must secure an experimental authorization under part 5 of this chapter.

##### 3.1.2 For EVMs annotated as FCC – FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION Part 15 Compliant:

#### **CAUTION**

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

#### **FCC Interference Statement for Class A EVM devices**

*NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.*

#### **FCC Interference Statement for Class B EVM devices**

*NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:*

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

#### 3.2 Canada

##### 3.2.1 For EVMs issued with an Industry Canada Certificate of Conformance to RSS-210 or RSS-247

#### **Concerning EVMs Including Radio Transmitters:**

This device complies with Industry Canada license-exempt RSSs. Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

#### **Concernant les EVMs avec appareils radio:**

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

#### **Concerning EVMs Including Detachable Antennas:**

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada. To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that necessary for successful communication. This radio transmitter has been approved by Industry Canada to operate with the antenna types listed in the user guide with the maximum permissible gain and required antenna impedance for each antenna type indicated. Antenna types not included in this list, having a gain greater than the maximum gain indicated for that type, are strictly prohibited for use with this device.

### Concernant les EVMs avec antennes détachables

Conformément à la réglementation d'Industrie Canada, le présent émetteur radio peut fonctionner avec une antenne d'un type et d'un gain maximal (ou inférieur) approuvé pour l'émetteur par Industrie Canada. Dans le but de réduire les risques de brouillage radioélectrique à l'intention des autres utilisateurs, il faut choisir le type d'antenne et son gain de sorte que la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) ne dépasse pas l'intensité nécessaire à l'établissement d'une communication satisfaisante. Le présent émetteur radio a été approuvé par Industrie Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés dans le manuel d'usage et ayant un gain admissible maximal et l'impédance requise pour chaque type d'antenne. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, ou dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

#### 3.3 Japan

3.3.1 *Notice for EVMs delivered in Japan:* Please see [http://www.tij.co.jp/llds/ti\\_ja/general/eStore/notice\\_01.page](http://www.tij.co.jp/llds/ti_ja/general/eStore/notice_01.page) 日本国内に輸入される評価用キット、ボードについては、次のところをご覧ください。

<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-delivered-in-japan.html>

3.3.2 *Notice for Users of EVMs Considered "Radio Frequency Products" in Japan:* EVMs entering Japan may not be certified by TI as conforming to Technical Regulations of Radio Law of Japan.

If User uses EVMs in Japan, not certified to Technical Regulations of Radio Law of Japan, User is required to follow the instructions set forth by Radio Law of Japan, which includes, but is not limited to, the instructions below with respect to EVMs (which for the avoidance of doubt are stated strictly for convenience and should be verified by User):

1. Use EVMs in a shielded room or any other test facility as defined in the notification #173 issued by Ministry of Internal Affairs and Communications on March 28, 2006, based on Sub-section 1.1 of Article 6 of the Ministry's Rule for Enforcement of Radio Law of Japan,
2. Use EVMs only after User obtains the license of Test Radio Station as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs, or
3. Use of EVMs only after User obtains the Technical Regulations Conformity Certification as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs. Also, do not transfer EVMs, unless User gives the same notice above to the transferee. Please note that if User does not follow the instructions above, User will be subject to penalties of Radio Law of Japan.

【無線電波を送信する製品の開発キットをお使いになる際の注意事項】 開発キットの中には技術基準適合証明を受けていないものがあります。技術適合証明を受けていないものご使用に際しては、電波法遵守のため、以下のいずれかの措置を取っていただく必要がありますのでご注意ください。

1. 電波法施行規則第6条第1項第1号に基づく平成18年3月28日総務省告示第173号で定められた電波暗室等の試験設備でご使用いただく。
2. 実験局の免許を取得後ご使用いただく。
3. 技術基準適合証明を取得後ご使用いただく。

なお、本製品は、上記の「ご使用にあたっての注意」を譲渡先、移転先に通知しない限り、譲渡、移転できないものとします。

上記を遵守頂けない場合は、電波法の罰則が適用される可能性があることをご留意ください。日本テキサス・イ

ンスツルメンツ株式会社

東京都新宿区西新宿 6 丁目 2 4 番 1 号

西新宿三井ビル

3.3.3 *Notice for EVMs for Power Line Communication:* Please see [http://www.tij.co.jp/llds/ti\\_ja/general/eStore/notice\\_02.page](http://www.tij.co.jp/llds/ti_ja/general/eStore/notice_02.page)

電力線搬送波通信についての開発キットをお使いになる際の注意事項については、次のところをご覧ください。 <https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-for-power-line-communication.html>

#### 3.4 European Union

3.4.1 *For EVMs subject to EU Directive 2014/30/EU (Electromagnetic Compatibility Directive):*

This is a class A product intended for use in environments other than domestic environments that are connected to a low-voltage power-supply network that supplies buildings used for domestic purposes. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

- 
- 4 *EVM Use Restrictions and Warnings:*
    - 4.1 EVMS ARE NOT FOR USE IN FUNCTIONAL SAFETY AND/OR SAFETY CRITICAL EVALUATIONS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO EVALUATIONS OF LIFE SUPPORT APPLICATIONS.
    - 4.2 User must read and apply the user guide and other available documentation provided by TI regarding the EVM prior to handling or using the EVM, including without limitation any warning or restriction notices. The notices contain important safety information related to, for example, temperatures and voltages.
    - 4.3 *Safety-Related Warnings and Restrictions:*
      - 4.3.1 User shall operate the EVM within TI's recommended specifications and environmental considerations stated in the user guide, other available documentation provided by TI, and any other applicable requirements and employ reasonable and customary safeguards. Exceeding the specified performance ratings and specifications (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) for the EVM may cause personal injury or death, or property damage. If there are questions concerning performance ratings and specifications, User should contact a TI field representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may also result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the EVM and/or interface electronics. Please consult the EVM user guide prior to connecting any load to the EVM output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact a TI field representative. During normal operation, even with the inputs and outputs kept within the specified allowable ranges, some circuit components may have elevated case temperatures. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, current sense resistors, and heat sinks, which can be identified using the information in the associated documentation. When working with the EVM, please be aware that the EVM may become very warm.
      - 4.3.2 EVMs are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems. User assumes all responsibility and liability for proper and safe handling and use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees. User assumes all responsibility and liability to ensure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the EVM and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard. User assumes all responsibility and liability for any improper or unsafe handling or use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees.
    - 4.4 User assumes all responsibility and liability to determine whether the EVM is subject to any applicable international, federal, state, or local laws and regulations related to User's handling and use of the EVM and, if applicable, User assumes all responsibility and liability for compliance in all respects with such laws and regulations. User assumes all responsibility and liability for proper disposal and recycling of the EVM consistent with all applicable international, federal, state, and local requirements.
  5. *Accuracy of Information:* To the extent TI provides information on the availability and function of EVMs, TI attempts to be as accurate as possible. However, TI does not warrant the accuracy of EVM descriptions, EVM availability or other information on its websites as accurate, complete, reliable, current, or error-free.
  6. *Disclaimers:*
    - 6.1 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, EVMS AND ANY MATERIALS PROVIDED WITH THE EVM (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REFERENCE DESIGNS AND THE DESIGN OF THE EVM ITSELF) ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING SUCH ITEMS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY OR IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY PATENTS, COPYRIGHTS, TRADE SECRETS OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.
    - 6.2 EXCEPT FOR THE LIMITED RIGHT TO USE THE EVM SET FORTH HEREIN, NOTHING IN THESE TERMS SHALL BE CONSTRUED AS GRANTING OR CONFERRING ANY RIGHTS BY LICENSE, PATENT, OR ANY OTHER INDUSTRIAL OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI, ITS SUPPLIERS/LICENSORS OR ANY OTHER THIRD PARTY, TO USE THE EVM IN ANY FINISHED END-USER OR READY-TO-USE FINAL PRODUCT, OR FOR ANY INVENTION, DISCOVERY OR IMPROVEMENT, REGARDLESS OF WHEN MADE, CONCEIVED OR ACQUIRED.
  7. *USER'S INDEMNITY OBLIGATIONS AND REPRESENTATIONS.* USER WILL DEFEND, INDEMNIFY AND HOLD TI, ITS LICENSORS AND THEIR REPRESENTATIVES HARMLESS FROM AND AGAINST ANY AND ALL CLAIMS, DAMAGES, LOSSES, EXPENSES, COSTS AND LIABILITIES (COLLECTIVELY, "CLAIMS") ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH ANY HANDLING OR USE OF THE EVM THAT IS NOT IN ACCORDANCE WITH THESE TERMS. THIS OBLIGATION SHALL APPLY WHETHER CLAIMS ARISE UNDER STATUTE, REGULATION, OR THE LAW OF TORT, CONTRACT OR ANY OTHER LEGAL THEORY, AND EVEN IF THE EVM FAILS TO PERFORM AS DESCRIBED OR EXPECTED.

8. *Limitations on Damages and Liability:*

8.1 *General Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF THESE TERMS OR THE USE OF THE EVMS , REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. EXCLUDED DAMAGES INCLUDE, BUT ARE NOT LIMITED TO, COST OF REMOVAL OR REINSTALLATION, ANCILLARY COSTS TO THE PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, RETESTING, OUTSIDE COMPUTER TIME, LABOR COSTS, LOSS OF GOODWILL, LOSS OF PROFITS, LOSS OF SAVINGS, LOSS OF USE, LOSS OF DATA, OR BUSINESS INTERRUPTION. NO CLAIM, SUIT OR ACTION SHALL BE BROUGHT AGAINST TI MORE THAN TWELVE (12) MONTHS AFTER THE EVENT THAT GAVE RISE TO THE CAUSE OF ACTION HAS OCCURRED.

8.2 *Specific Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI'S AGGREGATE LIABILITY FROM ANY USE OF AN EVM PROVIDED HEREUNDER, INCLUDING FROM ANY WARRANTY, INDEMNITY OR OTHER OBLIGATION ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THESE TERMS, , EXCEED THE TOTAL AMOUNT PAID TO TI BY USER FOR THE PARTICULAR EVM(S) AT ISSUE DURING THE PRIOR TWELVE (12) MONTHS WITH RESPECT TO WHICH LOSSES OR DAMAGES ARE CLAIMED. THE EXISTENCE OF MORE THAN ONE CLAIM SHALL NOT ENLARGE OR EXTEND THIS LIMIT.

9. *Return Policy.* Except as otherwise provided, TI does not offer any refunds, returns, or exchanges. Furthermore, no return of EVM(s) will be accepted if the package has been opened and no return of the EVM(s) will be accepted if they are damaged or otherwise not in a resalable condition. If User feels it has been incorrectly charged for the EVM(s) it ordered or that delivery violates the applicable order, User should contact TI. All refunds will be made in full within thirty (30) working days from the return of the components(s), excluding any postage or packaging costs.

10. *Governing Law:* These terms and conditions shall be governed by and interpreted in accordance with the laws of the State of Texas, without reference to conflict-of-laws principles. User agrees that non-exclusive jurisdiction for any dispute arising out of or relating to these terms and conditions lies within courts located in the State of Texas and consents to venue in Dallas County, Texas. Notwithstanding the foregoing, any judgment may be enforced in any United States or foreign court, and TI may seek injunctive relief in any United States or foreign court.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated

## 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、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、

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月