参考資料

EVM User's Guide: LMX2624SPEVM and LMX2695SEPEVM

LMX2624-SP、LMX2695-SEP 評価基板、30GHz シンセサイザ付き

説明

LMX2624SP と LMX2695SEP の各評価基板 (EVM) は、それぞれ LMX2624-SP と LMX2695-SEP の各デバイスの性能を評価するための設計を採用しています。これらのデバイスは、10mm x 10mm の 64 ピン プラスチック パッケージに封止された高信頼性グレード RF シンセサイザです。また、最大 30GHz の連続波信号を生成できます。この評価基板は、LMX2624-SP デバイスまたは LMX2695-SEP デバイスを使用した評価と開発を迅速に行えるように、すべてのハードウェア インターフェイスを備えています。

設計を開始

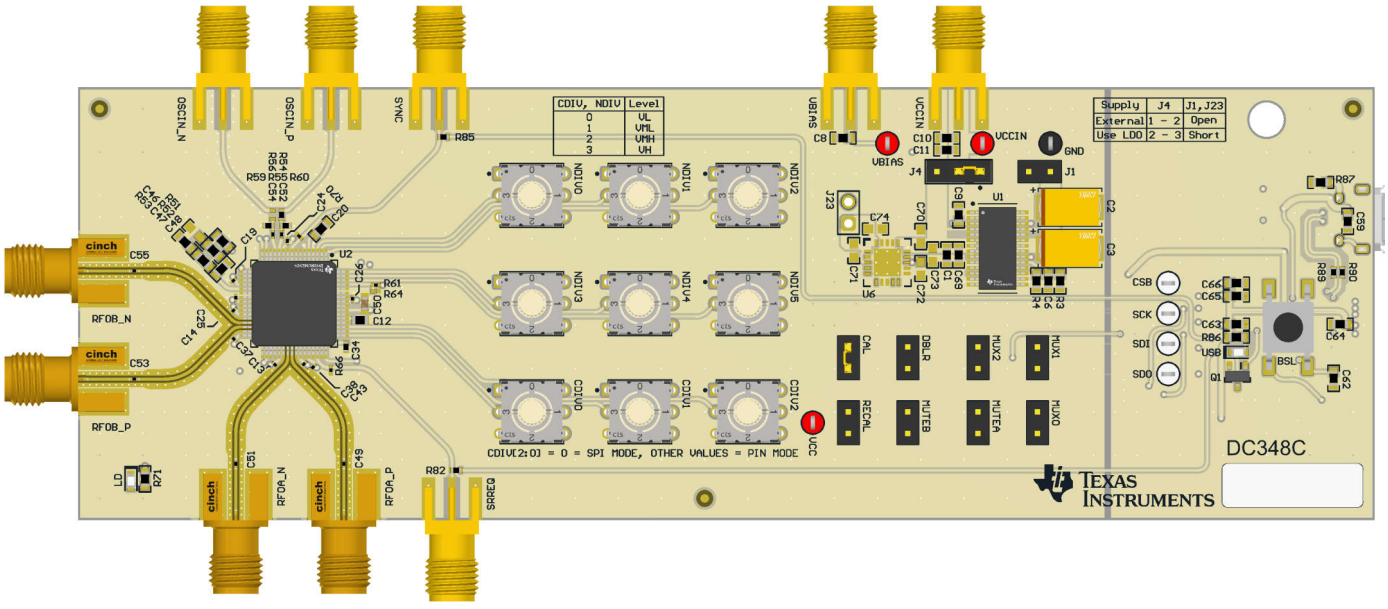
1. 評価基板、LMX2624SPEVM または LMX2695SEPEVM を注文します。
2. 最新プログラミング GUI TICS Pro のダウンロード。
3. PLL シミュレーション ツール PLLatinum Sim のダウンロード。
4. VCO 較正の詳細については、SNAA336 を参照してください。
5. ピンポン アーキテクチャの概要については、SNAA357 を参照してください。

特長

- 両方の出力ポートでの最大 15GHz のダイレクト VCO 出力と 30GHz の VCO ダブラ出力
- JESD204 SYSREF クロック生成とリピータ モード動作
- 複数デバイス間の出力位相の同期をサポート
- SPI 制御用オンボード USB インターフェイス
- SPI プログラミングなしでのピン制御動作をサポート

アプリケーション

- 宇宙通信
- 宇宙レーダー システム
- フェーズド アレイ アンテナおよびビーム フォーミング
- 高速データ コンバータ クロッキング (JESD204B 対応)



Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 評価基板の概要

1.1 はじめに

LMX2624SPEVM 基板には、LMX2624-SP 宇宙グレード RF シンセサイザ (エンジニアリング モデル)、超低ノイズ LDO、マイコン (*USB2ANY* とも呼ばれます) が搭載されています。この基板には、RFOUTA および RFOUTB という 2 つの RF 出力があります。RF 出力は、最大 30GHz まで、分周出力、ダイレクト VCO 出力、VCO ダブラ出力が可能です。RFOUTB は、低周波の SYSREF クロック出力もサポートしています。SYSREF 動作には、連続 SYSREF クロック生成と SYSREF パルサ モードが含まれます。また、外部 SYSREF 信号を基板に供給することで、SYSREF リピータ モードもサポートしています。LMX2695SEPEVM 基板の場合、シンセサイザは、耐放射線特性 RF シンセサイザである LMX2695-SEP です。

LMX デバイスの構成は、オンボード USB2ANY を介して PC で行われます。TICS Pro は、LMX デバイスの構成とプログラムに使用されます。

これらの LMX デバイスはピン モードで動作できます。この場合、レジスタ プログラミングは不要です。LMX デバイスの構成を設定するには、オンボードのロータリー スイッチと 2 ピン ヘッダーを使用します。

1.2 キットの内容

各評価キットには以下が含まれます。

- USB2ANY コントローラ内蔵の LMX2624-SP または LMX2695-SEP 評価基板 x 1
- USB ケーブル x 1

1.3 仕様

表 1-1. EVM 仕様

パラメータ	値	条件
電源電圧	VCCIN：3.3V	オンボード LDO がバイパスされます。
	VCCIN：3.6～4.0V VBIAS：5.0V	オンボード LDO 出力は 3.3V です。
電源電流	1.1A 以下	構成によって異なります。
OSCIN 入力周波数	5MHz ～ 1GHz	10dBm
RF 出力周波数	4.88MHz ～ 30GHz	RFOUTA、RFOUTB
SYSREF	連続クロック生成、 パルサ生成、反復モード	RFOUTB

1.4 製品情報

LMX2624-SP デバイスおよび LMX2695-SEP デバイスは、4.88MHz ～ 30GHz の周波数を生成できる電圧制御発振器 (VCO) を内蔵した、高性能かつ高信頼性の広帯域フェーズ ロック ループ (PLL) です。これらのデバイスは単一の 3.3V 電源で動作し、LDO を内蔵しているため、オンボードの低ノイズ LDO は不要です。

また、2 つの出力チャネルがあり、ダイレクト VCO 出力、分周出力、VCO ダブラ出力に対応しています。出力チャネル B は、SYSREF クロック出力もサポートしています。出力は、ピン制御により迅速にミュートすることが可能で、応答時間は最短 10ns です。この機能は、ピンポン スイッチング アプリケーションでは特に便利です。詳細については、『ピンポン アーキテクチャにおける LMX2820 による高絶縁、高速周波数スイッチング』アプリケーション ノートを参照してください。

複数の LMX デバイスを同期させて、出力位相を揃えることができます。

新しいフル アシスト動作により、VCO ロック時間が 20µs 以内に大幅に短縮されます。

これらのデバイスの構成は、SPI プログラミングによって行います。これらのデバイスは、ピン モードでピン ストラップを使用して、SPI プログラミングなしで動作できます。

これらのデバイスは、テキサス インスツルメンツの先進的な BiCMOS プロセスで製造され、64 リードの 10mm x 10mm QFP プラスチック パッケージで提供されます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2 ハードウェア

2.1 構成

2.1.1 評価設定の要件

評価基板の評価には少なくとも以下が必要です。

- 5V、2A 以上の DC 電源
- SMA100B などの高品質の信号源
- 最大 26GHz のスペクトル アナライザまたは位相ノイズ アナライザ
- TICS Pro ソフトウェアがインストールされた Windows® 7 またはそれ以降のバージョンを搭載した PC

完全な評価には、以下の追加ハードウェアが必要です。

- SYSREF 遅延評価用に 5ps のステップ サイズを分解可能な高速 4 チャネル オシロスコープ
- 位相同期および SYSREF 評価用に、矩形波の連続クロックまたはパルスを出力できる任意のファンクション ジェネレータまたはパルス源

2.1.2 接続図

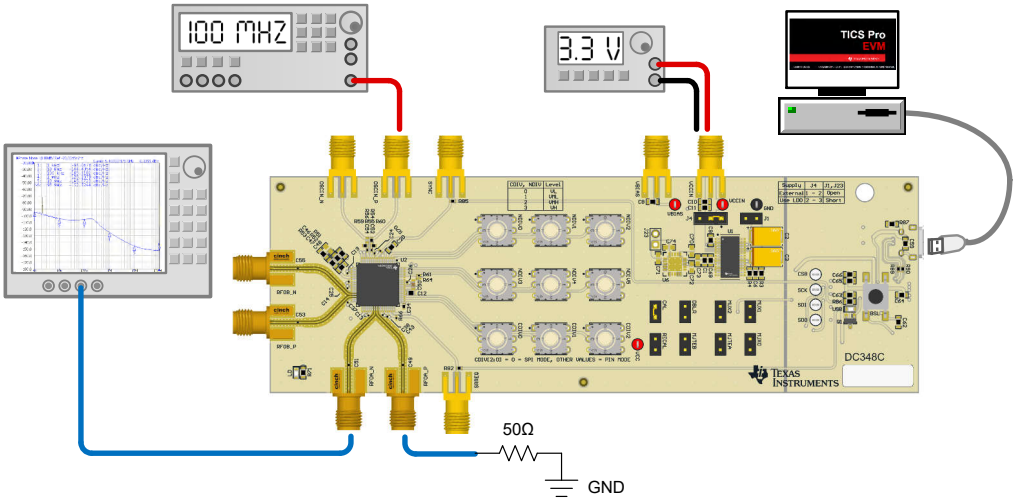


図 2-1. 接続図

2.2 ジャンパ情報

ジャンパ J1 および J4 によって、基板への電源電圧が決まります。

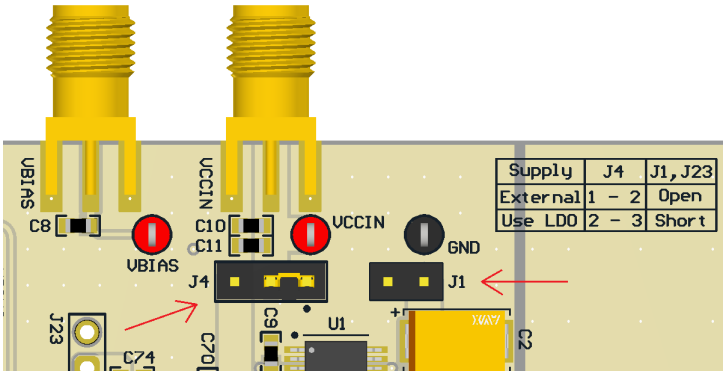


図 2-2. 電源ジャンパ

LDO をバイパスするには、J4 ジャンパを 1 ～ 2 の位置に設定します。これは、評価基板デフォルト構成です。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

LDO を使用するには、J4 ジャンパを 2 ～ 3 の位置に設定し、J1 ジャンパを短絡します。

2.3 電源要件

LDO がバイパスされている場合 (評価基板のデフォルト構成)。VCCIN SMA コネクタに 3.3V を印加します。許容電源電圧範囲は 3.2V ～ 3.4V です。

LDO を使用する場合、VCCIN SMA コネクタに 3.6V～4V を印加します。VBIAS SMA コネクタにさらに 5V を印加します。

基板は動作中に最大 1A を引き込むことができるため、電源ケーブルの抵抗が重要になります。

2.4 基準クロック

OSCIN_P SMA コネクタを、SMA100B 信号ジェネレータなどの高品質な信号ソースに接続します。信号ジェネレータの出力パワーを 10dBm に設定します。

入力は差動駆動が可能です。R56 を実装し、OSCIN_P コネクタと OSCIN_N SMA コネクタの両方をバランまたは差動クロック ソースに接続します。入力信号の終端要件に合わせて、R55、R59、R60 を適切に実装します。

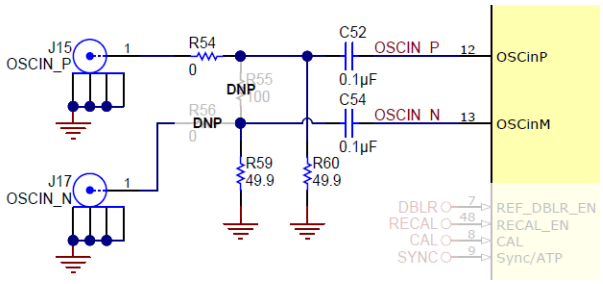


図 2-3. 基準クロック

2.5 出力接続

RFOA_P または RFOA_N の 2.92mm コネクタのいずれかを信号アナライザに接続します。未使用のコネクタは、50Ω 抵抗または SMA 負荷で終端させる必要があります。TICS Pro 評価ソフトウェアのデフォルト構成では、RFOA は 6GHz 信号を出力し、RFOB はパワーダウンしています。RFOB の 2.92mm コネクタはオープンのままにすることができます。

2.6 テスト ポイント

表 2-1. SPI テスト ポイント

テスト ポイント	記号	特性
TP9	SDO	シリアル データ出力 (レジスタの読み戻しまたは診断信号)
TP6	CSB	SPI チップ セレクト入力
TP7	SCK	SPI クロック入力。
TP8	SDI	SPI データ入力

表 2-2. 電源テスト ポイント

テスト ポイント	記号	特性
TP4	VCCIN	3.3V (LDO バイパス) 3.6V ～ 4V (オンボード LDO を使用)
TP2	VBIAS	5V (オンボード LDO を使用)
TP1	VCC	3.3V
TP3	GND	0V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3 ソフトウェア

3.1 ソフトウェアの説明

TICS (テキサス インスツルメンツのクロックとシンセサイザ) Pro ソフトウェアを使用すると、オンボード USB2ANY を介して、この評価基板 (EVM) をプログラムすることができます。

3.2 ソフトウェアのインストール

www.ti.com/tool/ticspro-sw から TICS Pro ソフトウェアをダウンロードし、インストールします。

3.3 USB2ANY インターフェイス

オンボード USB2ANY インターフェイスは、TICS Pro ソフトウェアと LMX デバイス間のブリッジとして機能します。オンボード USB2ANY コントローラを初めて PC に接続する場合、またはコントローラのファームウェア リビジョンが TICS Pro で使用するバージョンと一致しない場合、コントローラのファームウェア アップデートが必要です。

1. USB ケーブルを PC から評価基板に接続します。USB インターフェイスは、オンボード USB2ANY コントローラを有効にするために必要な電力を供給します。
2. Windows で USB デバイスをセットアップした後、PC で TICS Pro を起動します。
3. 次の画面は以下の画像のようになります。

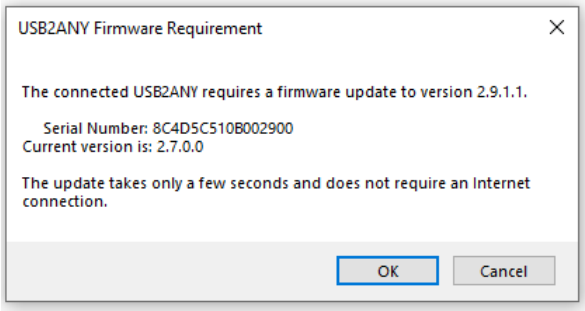


図 3-1. ファームウェア アップデートのリクエスト

4. 「OK」を選択すると、以下の画像のような画面になります。「Update Firmware」(ファームウェアの更新) を選択します。

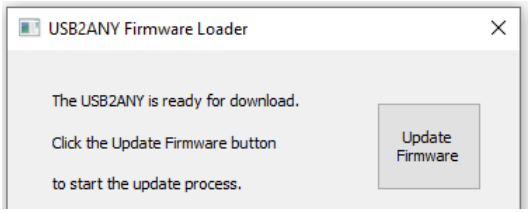


図 3-2. ファームウェア ローダ

5. 次に、以下の画面が表示されます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

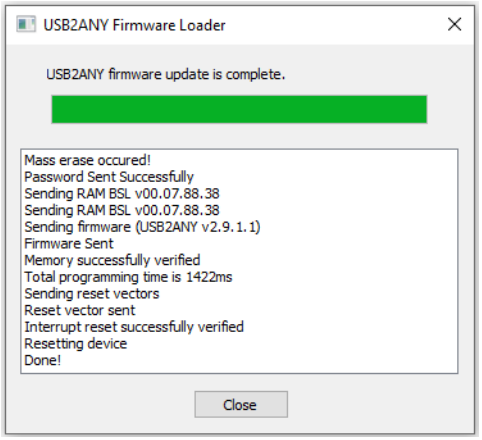


図 3-3. ファームウェア アップデートの完了

6. 「Close」(閉じる) ボタンを選択してウィンドウを閉じます。
7. TICS Pro のデフォルト デバイスがポップアップ表示されます。GUI の下部にある Connection Mode (接続モード) が緑色に点灯していることを確認します。

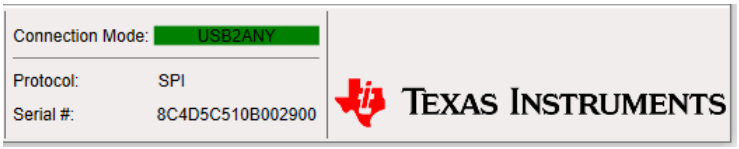


図 3-4. Connection Mode (接続モード)

8. メニュー バーに移動し、「USB Communications」(USB 接続) を選択した後、「Interface」(インターフェイス) を選択します。

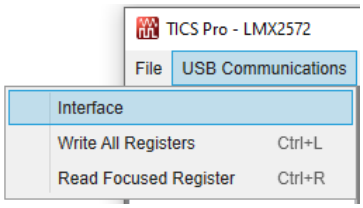


図 3-5. USB 通信

9. 「Identify」(識別) ボタンを選択すると、USB2ANY インターフェイスの LED が点滅します。

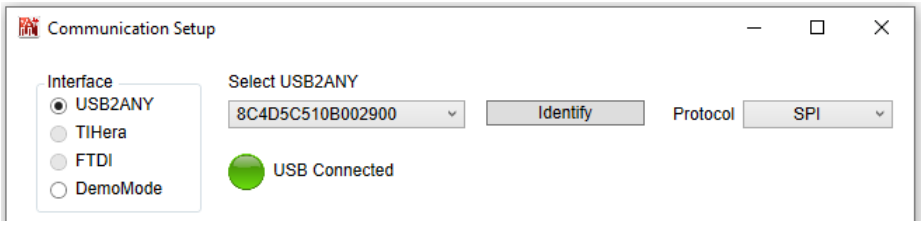


図 3-6. USB2ANY コントローラの識別

10. これで USB2ANY が使用できるようになりました。「Close」(閉じる) ボタンを選択してウィンドウを閉じます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 実装結果

4.1 評価設定

デフォルトの EVM 構成は、LDO がバイパスされた SPI モードで動作します。図 2-1 に示すように、接続を設定します。TICS Pro 評価ソフトウェアを起動し、以下の手順に従ってプログラムを開始します。LMX2695SEPEVM にも同じ動作が適用されます。

1. **Select Device (デバイスの選択)** → **PLL + VCO** → **LMX2624-SP** に進みます。

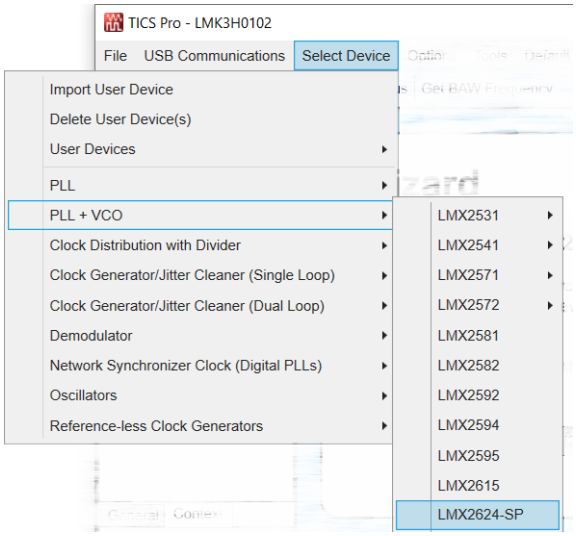


図 4-1. TICS Pro でデバイスを選択する

2. 「ReadMe」ページがロードされます。GUI の概要を理解するために、内容を読お読みください。
3. **Default Configuration (デフォルト構成)** → **EVM Default Mode (評価基板デフォルト モード)** を選択します。

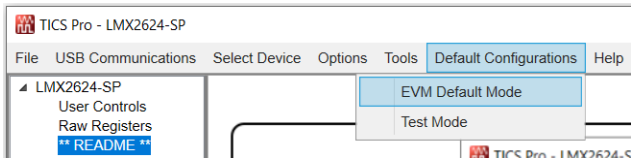


図 4-2. デフォルト モード

4. **USB Communications (USB 通信)** → **Write All Registers (すべてのレジスタを書き込む)** に進み、レジスタをすべて LMX2624-SP に書き込みます。

4.2 性能データおよび結果

4.2.1 RF 出力

評価基板デフォルト モード構成では、VCO 周波数は 12GHz、RFoutA 出力は 6GHz です。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

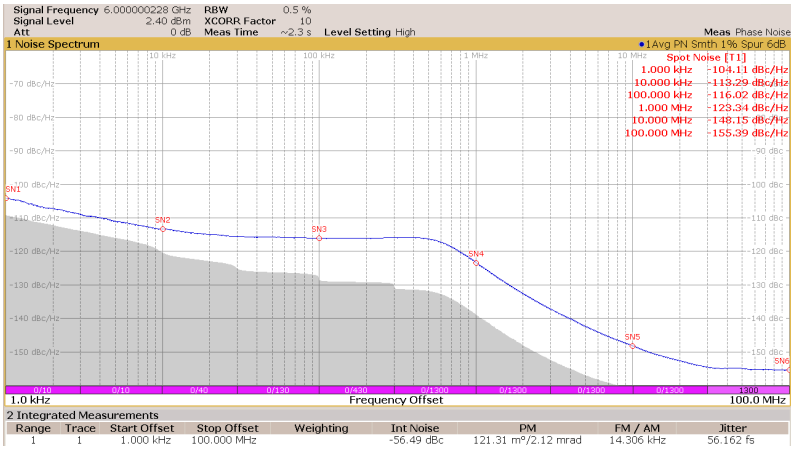


図 4-3. 分周出力

「**Output MUX**」(出力マルチプレクサ) を選択して VCO を選択すると、RFoutA 出力は 12GHz になります。

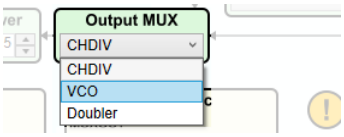


図 4-4. 出力マルチプレクサ オプション

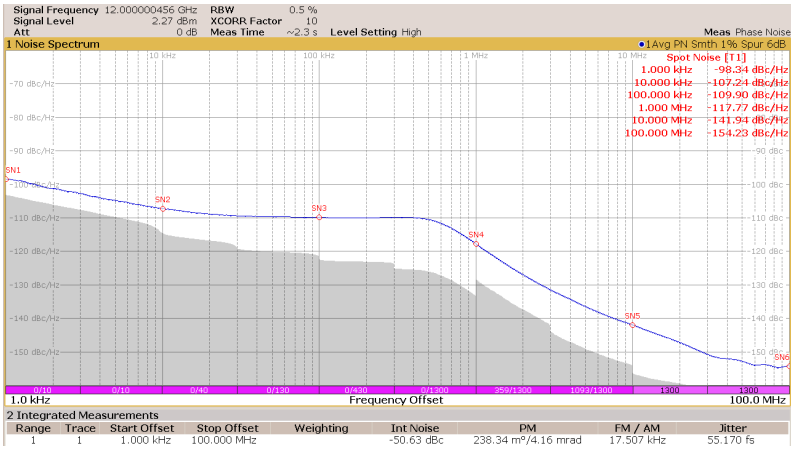


図 4-5. ダイレクト VCO 出力

VCO ダブラ出力を取得するには、「**Output MUX**」(出力マルチプレクサ) を選択して「Doubler」(ダブラ) を選択します。分数調波が抑制された状態で 2x 信号が通過するように内部トラッキング フィルタを構成するには、VCO ダブラの較正が必要です。ダブラの較正を完了するには、**FCAL_DBLR_EN** = 1 に設定し、「**Calibrate VCO**」(VOC の較正) ボタンを 1 回選択します (これにより R0 がプログラムされます)。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

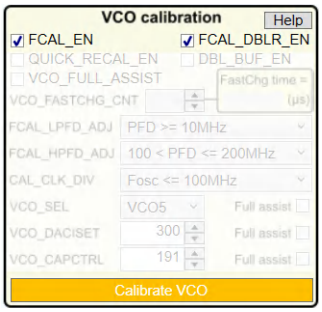


図 4-6. VCO ダブラの較正

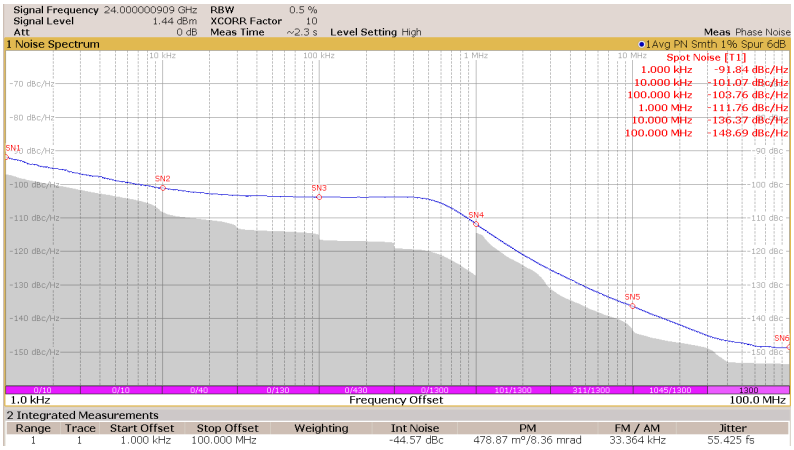


図 4-7. VCO ダブラの出力

分数調波の抑制は、24GHz 出力で約 -52dBc、15GHz 出力で約 -42dBc です。

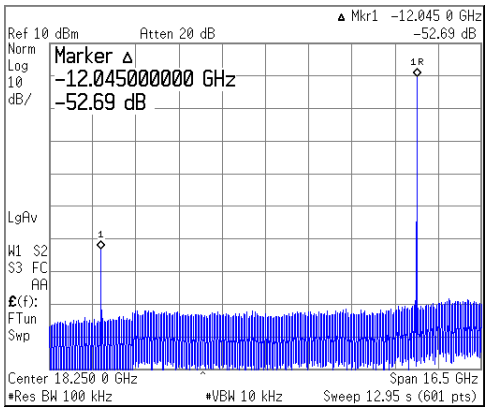


図 4-8. 24GHz 出力

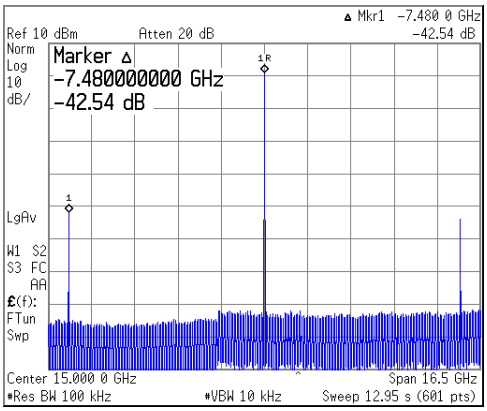


図 4-9. 15GHz 出力

RFOUTA または RFOUTB を使用しない場合、**OUTx_PD** = 1 を設定することで、出力ドライバをシャットダウンできます。未使用の出力ピンは、フローティングのままにすることも、AC シャントからグランドへ接続することもできます。ドライバをシャットダウンせずに出力をミュートにすることもできます。出力ミュートは、**MUTEA** ピンと **MUTEB** ピンで制御されるか、SPI プログラミングを使用して構成できます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

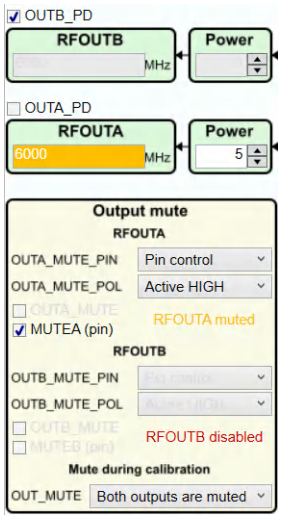


図 4-10. 出力ミュートの制御

ハードウェア ピンを使用したミュート制御の応答時間は非常に高速で、標準値は 10ns です。

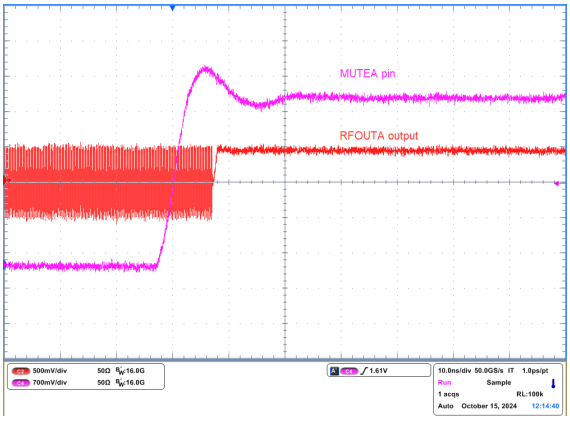


図 4-11. ピン制御によるミュート応答時間

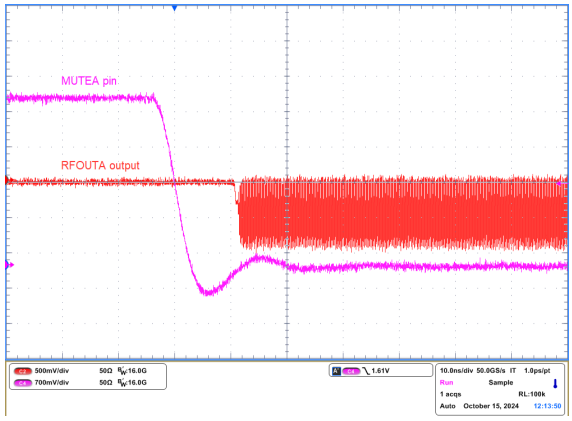


図 4-12. ピン制御によるミュート解除応答時間

4.2.2 VCO 較正

VCO 周波数が変更されるたびに、PLL がロックするのに適切な VCO コアと帯域を選択するために VCO 較正が必要です。LMX デバイスには 7 つの VCO コアがあり、各コアは 192 のバンドを搭載しています。レジスタ R0 に **FCAL_EN** = 1 がプログラムされると、VCO コアと帯域が自動的に選択されます。これは、アシストなし動作と呼ばれます。TICS Pro の評価基板デフォルト モードは、アシストなし動作に設定されています。VCO スイッチング時間の要件がない場合は、アシストなし動作を使用することが推奨されます。ただし、アプリケーションで非常に高速な VCO スイッチングが必要な場合、このデバイスをフル アシスト動作モードに設定できます。この場合、VCO 較正はバイパスされます。VCO 較正の詳細については、『RF シンセサイザの VCO 較正を合理化し、PLL ロック時間を最適化』アプリケーション ノートを参照してください。

4.2.2.1 アシストなし動作

アシストなし動作では、VCO 周波数の切り替えに要する時間は、(1) レジスタ プログラミング時間、(2) VCO 較正時間、(3) PLL ロック時間の合計に等しくなります。VCO 較正時間は、周波数の変化が上向きか下向きか、およびレジスタの **VCO_SEL**、**VCO_DACISET**、**VCO_CAPCTRL** の設定によって異なります。PLL ロック時間は、ループ フィルタの帯域幅によって異なります。一般的に、ループ帯域幅が広いと、ロック時間が短くなります。たとえば、デフォルト評価基板構成を使用して VCO 周波数をアシストなし動作で 7500MHz (VCO1) と 15GHz (VCO7) の間で切り替える場合、(レジスタ プログラミング時間を除く) ロック時間は約 300µs ～ 600µs になります。(試験装置の制限により出力は 4 分周されています)。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

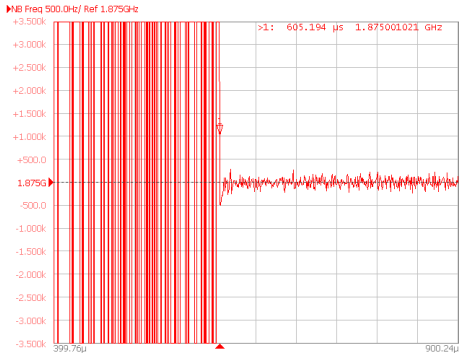


図 4-13. アシストなしのジャンプ ダウン

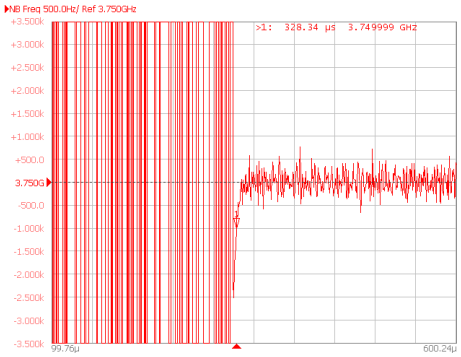


図 4-14. アシストなしのジャンプ アップ

プログラミング情報:

1. **DBL_BUF_EN** = 1 に設定し、レジスタのダブルバッファリングを有効にします。ダブル バッファ レジスタに書き込みを行っても、レジスタ R0 がプログラムされるまで PLL の構成は変更されません。
2. **Channel divider (チャネル分周器)** = 4 に設定します。
3. VCO = 7500MHz になるように、**PFD_DLY**、**PLL_N**、**PLL_NUM** をプログラムします。
4. 「*Calibrate VCO*」(VCO の較正) ボタンを 1 回選択して、VCO 較正を開始します。(試験装置のトリガーには CSB ピンを使用します。)
5. VCO = 15000MHz についても、ステップ 3 を繰り返します。
6. 「**Calibrate VCO**」(VCO の較正) ボタンを 1 回選択して、VCO 較正を開始します。(試験装置のトリガーには CSB ピンを使用します。)

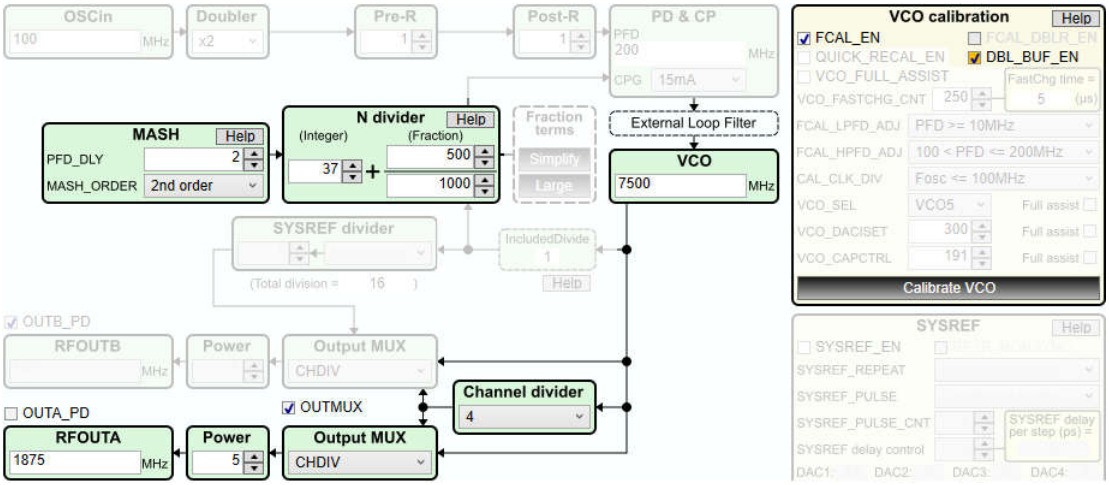


図 4-15. アシストなしの VCO スイッチング構成

4.2.2.2 フルアシスト動作

VCO 周波数が変更されるたびに、VCO 較正を実行するのではなく、フル アシスト動作で PLL がロックする VCO コアと帯域を指定します。結果として、VCO 較正時間は発生しません。VCO 周波数を切り替えるのに要する合計時間は、レジスタ プログラミング時間に PLL ロック時間を加えたものになります。

特定の VCO 周波数に使用する VCO コアと帯域を知るには、VCO 較正を 1 回だけ実行し、レジスタの読み戻しを実行してこの情報を収集し、参照テーブル (LUT) に格納する必要があります。VCO パラメータに加えて、VCO ダブラを使用する場合は、VCO ダブラ パラメータも同様の方法で取得できます。たとえば、VCO 周波数を 7500MHz と 15GHz の間で再度スイッチングを行います。RFOUTA は 4 分周された出力です。フル アシスト動作では、ロック時間 (レジスタ プログラミング時間を除く) は 20µs よりも短くなります。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

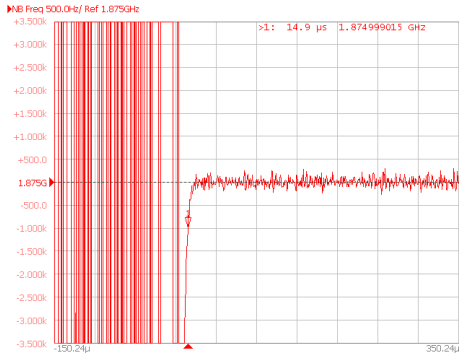


図 4-16. フル アシストでのジャンプ ダウン

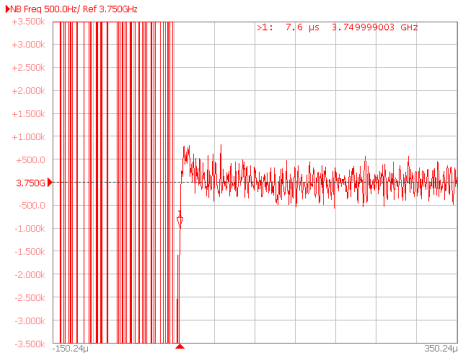


図 4-17. フル アシストでの ジャンプ アップ

プログラミング情報:

A. LUT の作成

1. **MUXOUT** = Register read back (レジスタの読み戻し) を設定します。
2. **READBACK** = Read state machine value (ステート マシンの値の読み取り) を設定します。
3. アシスト動作なしで LMX デバイスを 7500MHz にロックするようにプログラムします。
4. 「**Register read back**」(レジスタの読み戻し) ボタンを 1 回選択し、「**Full assist read back**」(フル アシスト読み戻し) 列に表示されたレジスタ値を読み戻します。これらの値をテキスト ファイルに記録します。
5. 15GHz の場合は、ステップ 3 と 4 を繰り返します。

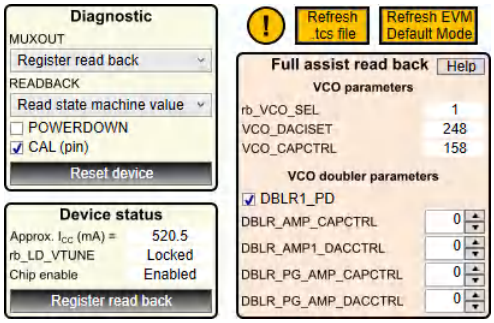


図 4-18. LUT の作成

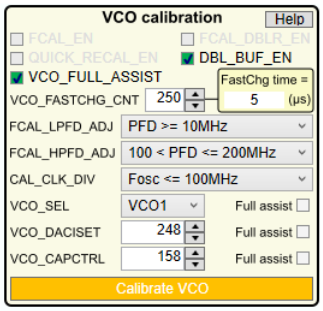


図 4-19. フル アシスト プログラミング

B. LUT データの適用

1. **VCO_FULL_ASSIST** = 1 に設定します。
2. **DBL_BUF_EN** = 1 に設定します。
3. VCO = 7500MHz になるように、**PFD_DLY**、**PLL_N**、**PLL_NUM** をプログラムします。
4. LUT の値を使用して、**VCO_SEL**、**VCO_DACISET**、**VCO_CAPCTRL** をプログラムします。
5. 「**Calibrate VCO**」(VCO の較正) ボタンを 1 回選択して、VCO スイッチングを開始します。(試験装置のトリガーには CSB ピンを使用します。)
6. VCO = 15000MHz についても、ステップ 3 と 4 を繰り返します。
7. 「**Calibrate VCO**」(VCO の較正) ボタンを 1 回選択して、VCO スイッチングを開始します。(試験装置のトリガーには CSB ピンを使用します。)

4.2.3 SYSREF

これらの LMX デバイスは、SYSREF 連続クロックとパルス列の生成をサポートしています。SYSREF クロックは RFOUTB から出力されます。SYSREF クロックと RF クロック (RFOUTA から) の間の位相は調整可能です。また、SYSREF 反復モードもサポートしています。受信した SYSREF クロックは、RFOUTB に非同期で渡すことも、RF クロックとの位相が揃うように再クロックすることもできます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4.2.3.1 SYSREF クロック生成

SYSREF 機能を有効にするには、**SYSREF_EN** = 1 に設定します。SYSREF 動作には位相同期ビルディング ブロックがいくつか必要なため、**VCO_PHASE_SYNC** = 1 も設定する必要があります。このビットを設定する場合、位相検出器の周波数は 50MHz 以下でなければなりません。**Output MUX (出力マルチプレクサ)** を SYSREF に設定し、RFOUTB 出力が SYSREF クロックになるようにします。連続 SYSREF クロックを生成するには、**SYSREF_REPEAT** = Generation mode (生成モード)、**SYSREF_PULSE** = Continuous mode (連続モード) に設定します。SysRefReq ピンが High にプルされてから 20ns 後に、RFOUTB からクロックが出力されます。これは、**SRREQ (pin)** ボックスにチェックを入れることで実行できます。**SYSREF divider (SYSREF 分周器)** を使用して、出力 SYSREF クロック周波数を調整します。

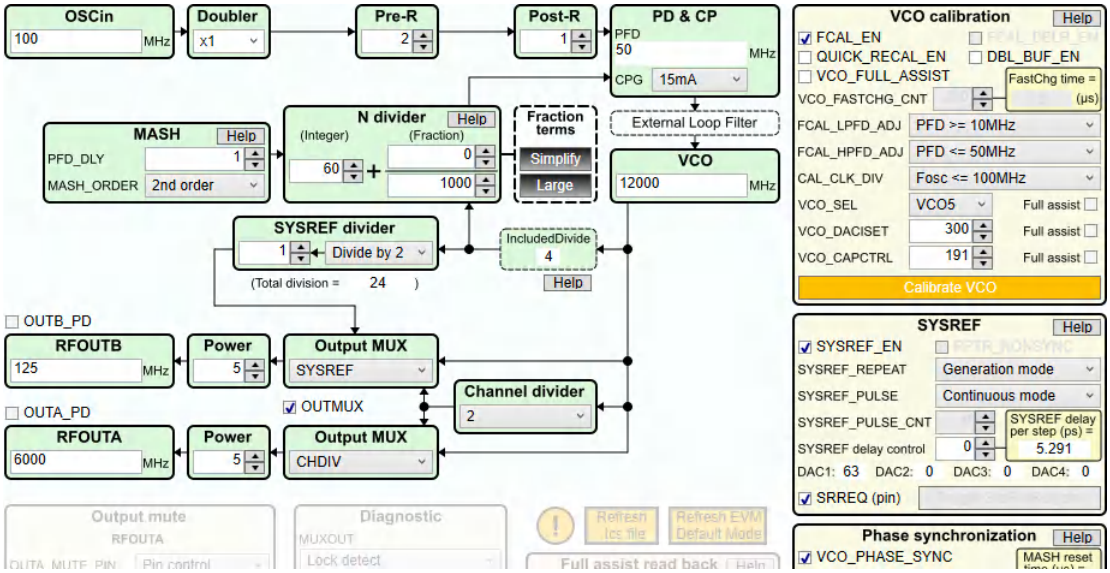


図 4-20. 連続 SYSREF クロック生成

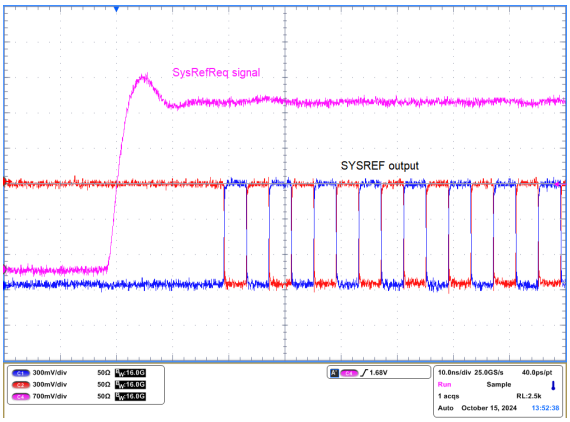


図 4-21. 連続 SYSREF クロック生成

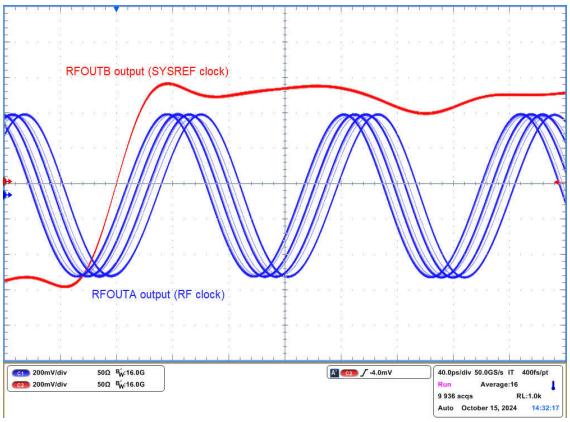


図 4-22. SYSREF 遅延

SYSREF クロック (RFOUTB) と RF クロック (RFOUTA) との間の位相は、レジスタ JESD_DACx を使用して調整できます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

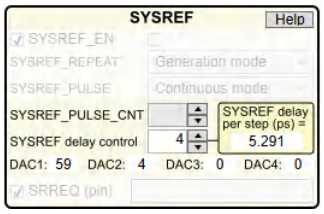


図 4-23. SYSREF 遅延制御

SYSREF クロックの DC 結合が必要な場合は、出力同相電圧に注意する必要があります。これは一定ではなく、出力電圧スイングの設定によって変動します。**Power (パワー)** を異なる値に設定すると、SYSREF クロック出力電圧スイングと同相電圧の両方が変動します。

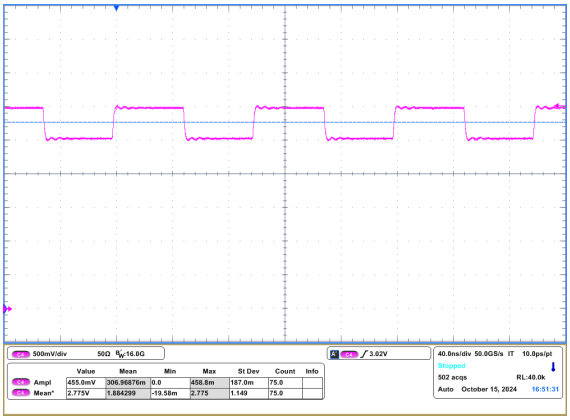


図 4-24. Power (パワー) = 2 の場合の SYSREF 出力

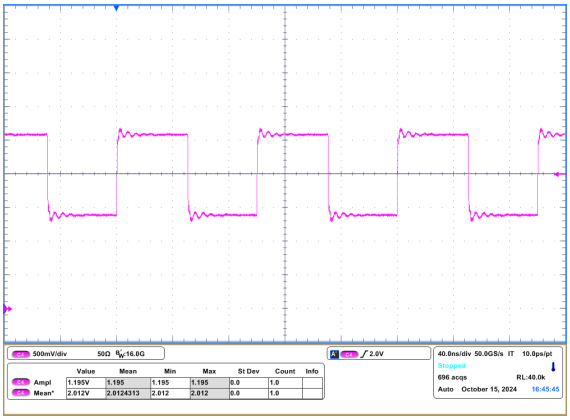


図 4-25. Power (パワー) = 7 の場合の SYSREF 出力

4.2.3.2 SYSREF パルスの生成

SYSREF パルスを生成するには、**SYSREF_PULSE** を Pulsed mode (パルス モード) に変更し、**SYSREF_PULSE_CNT** レジスタ フィールドに目的のパルス数を設定します。「**Toggle SysRefReq pin**」(SysRefReq ピンを切り替え) ボタンを 1 回選択すると、パルス生成がトリガされます。SYSREF 遅延制御は、パルス生成モードでサポートされます。遅延を変更するには、JESD_DACx レジスタを使用します。

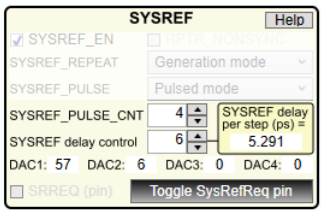


図 4-26. SYSREF パルス モードの構成

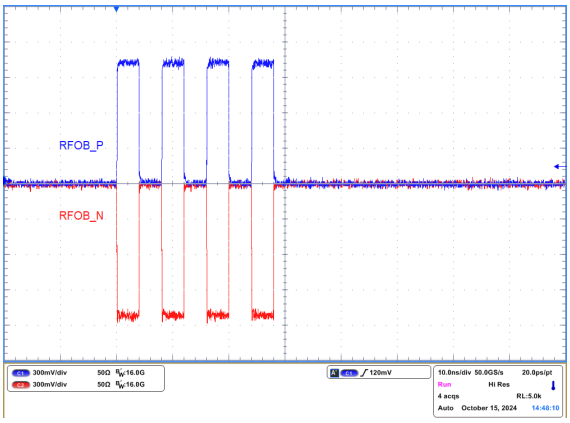


図 4-27. SYSREF パルスの生成

4.2.3.3 SYSREF リピータ モード

SYSREF リピータ モードの動作には、同期リピータ モードと非同期リピータ モードの 2 種類があります。同期リピータ モードでは、受信した SYSREF クロックが VCO と整合するように再クロックされ、SYSREF 遅延制御がサポートされます。非同期リピータ モードでは、受信した SYSREF クロックがデバイスを通過し、RFOUTB で出力されます。このモードで

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

は、SYSREF 遅延制御は適用されません。LMX デバイスをこのモードにするには、**RPTR_NONSYNC** = 1 に設定します。

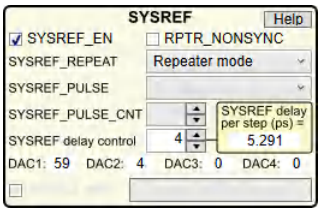


図 4-28. 同期モードの構成

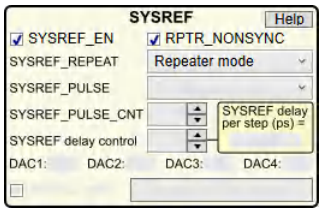


図 4-29. 非同期モードの構成

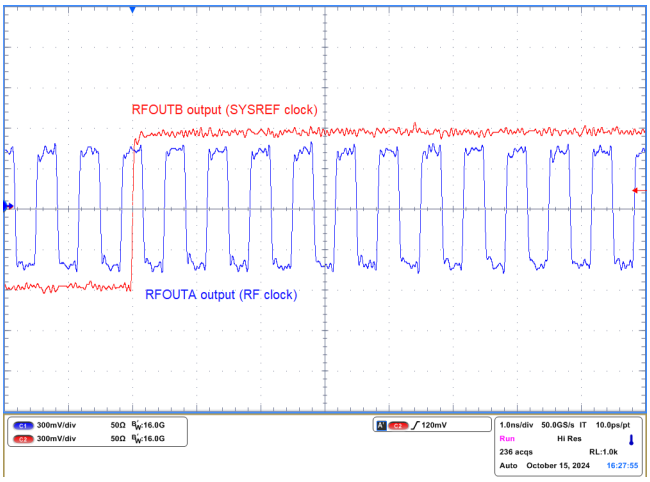


図 4-30. SYSREF 同期リピータ モード

4.2.4 位相同期

位相同期は、システムに複数の LMX デバイスがあり、すべての RF クロックの位相を揃えたい場合に便利です。同期には 4 つの異なるカテゴリがあります。

- カテゴリ 4：同期はできません。
- カテゴリ 3：同期はタイムクリティカルな SYNC パルスで可能であり、デバイスは SYNC モードにあります。
- カテゴリ 2：同期はタイムクリティカルでない SYNC パルスで可能であり、デバイスは SYNC モードにあります。
- カテゴリ 1b：デバイスが SYNC モードになっている必要があります。
- カテゴリ 1a：設定は不要で、デバイスの位相は自動的に揃います。

4.2.4.1 カテゴリ 1b SYNC およびカテゴリ 2 SYNC

カテゴリ 1b SYNC とカテゴリ 2 SYNC では、LMX デバイスを SYNC モードにする必要があります。つまり、**VCO_PHASE_SYNC** = 1 です。SYNC モードでは、f_{PD} の最大値は 50MHz になります。

カテゴリ 1b SYNC では、SYNC モードを有効にするだけで十分です。デバイスをプログラムした後、出力位相はすべて揃います。

カテゴリ 2 SYNC ではデバイスを SYNC モードにすることに加えて、すべてのデバイスを同期するためにタイムクリティカルでない SYNC パルスが必要になります。SYNC パルスは、外部ソースまたは SYNC ピンを Low-High-Low に切り替えることで得られます。「**Toggle Sync Pin**」(SYNC ピンを切り替え) ボタンを選択すると、SYNC ピンが Low-High-Low に 1 回切り替わります。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

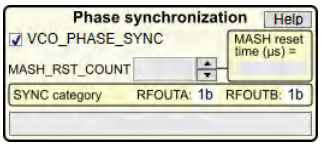


図 4-31. カテゴリ 1b SYNC

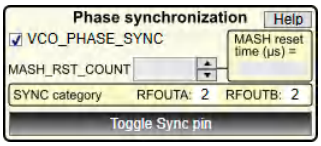


図 4-32. カテゴリ 2 SYNC

4.2.4.2 カテゴリ 3 SYNC

カテゴリ 3 の同期に使用される SYNC パルスには、入力基準クロックに対して特定の設定とホールド時間が必要です。この要件は、同期を開始するために、すべてのデバイスが同じ入力クロック エッジを使用していることを確認するためのものです。**MASH_RST_COUNT** は、同期が完了するのに十分な時間を確保するために設定する必要があります。

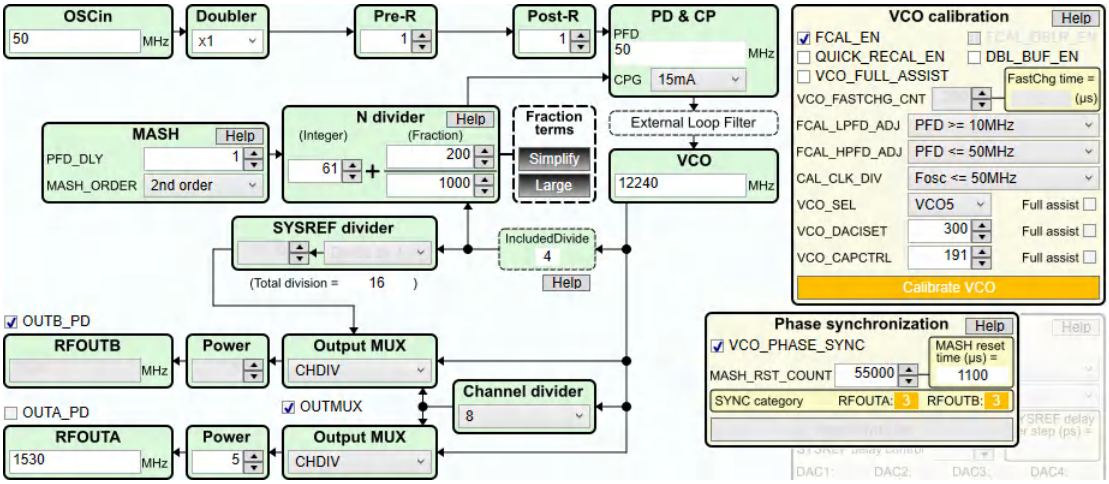


図 4-33. カテゴリ 3 SYNC の構成

タイムクリティカルでない SYNC パルスがカテゴリ 3 SYNC に使用される場合、または VCO 較正後、デバイス間の位相は一致しません。

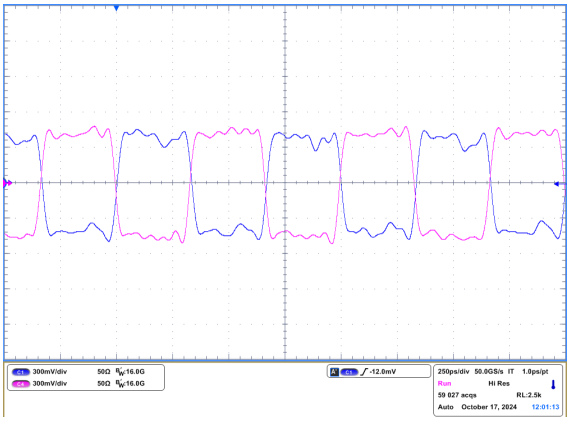


図 4-34. 同期なし、例 1

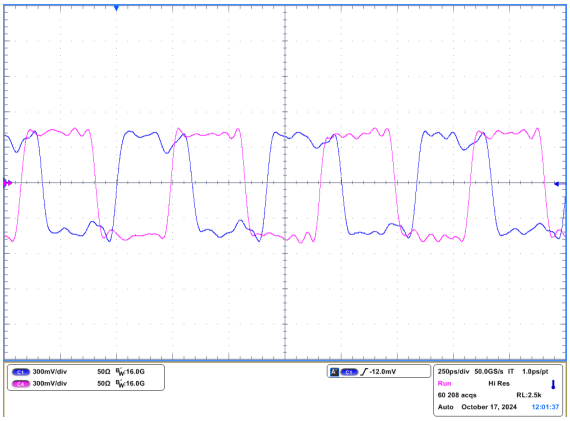


図 4-35. 同期なし、例 2

タイムクリティカルな SYNC パルスが使用される場合、出力位相は揃います。各デバイスの出力位相は完全に同じであることはできませんが、同期後もその差は変わりませんので注意してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

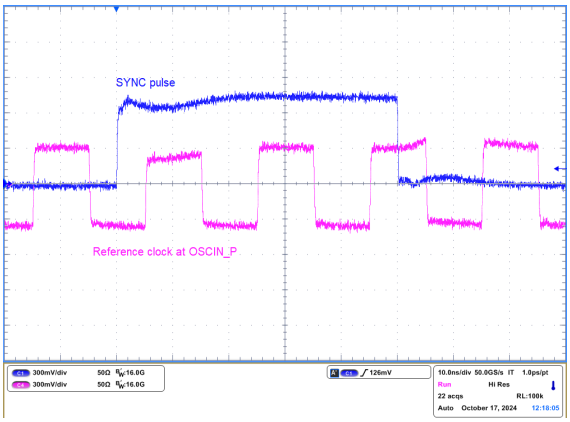


図 4-36. タイムクリティカルな SYNC パルス

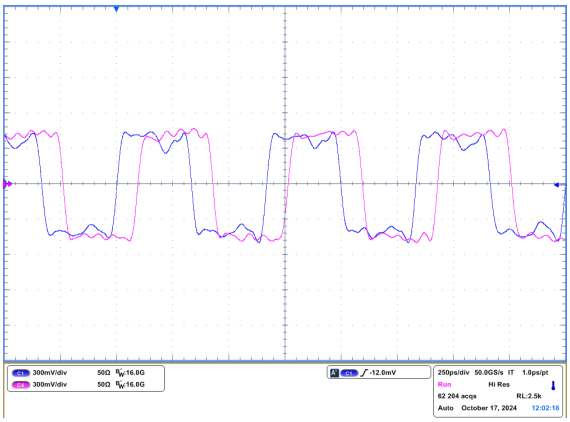


図 4-37. カテゴリ 3 SYNC

4.2.5 ピン モード

これらの LMX デバイスは、レジスタのプログラミングを必要としないピン構成動作をサポートしています。ピン モード動作の設定は、図 2-1 に示す図と同じですが、PC への接続は必要ありません。評価基板では、ロータリー DIP スイッチと 2 ピン ヘッダによって、デバイスの構成が決まります。

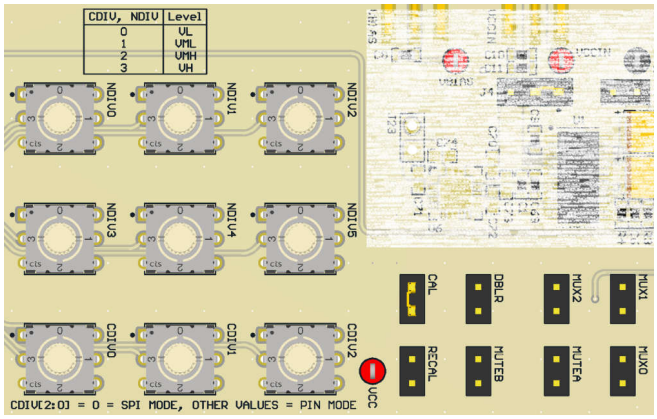


図 4-38. ピン制御要素

N 分周器の値は NDIVx ロータリー DIP スイッチによって構成され、CDIVx ロータリー DIP スイッチを使用してチャネル分周器値が設定されます。NDIVx ピンと CDIVx ピンは 4 レベル入力ピンです。ロータリー DIP スイッチの位置 (0、1、2、3) により、ピンが VL (0V)、VML、VMH、VH (3.3V) のいずれかのレベルに設定されます。

表 4-1. CDIVx チャネル分周器の真理値表

CDIV2	CDIV1	CDIV0	分周器の値
0	0	0	SPI モード
0	1	0	2
0	2	0	4
0	2	3	6
1	0	0	8
1	0	3	12
1	1	0	16
1	1	3	24
1	2	0	32
1	2	3	48

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 4-1. CDIVx チャネル分周器の真理値表 (続き)

CDIV2	CDIV1	CDIV0	分周器の値
1	3	0	64
1	3	3	96
2	0	0	128
2	0	3	192
2	1	0	256
2	1	3	384
2	2	0	512
2	2	3	768
2	3	0	1024
2	3	3	1536

表 4-2. NDIVx N 分周器の真理値表

10 進	NDIV5	NDIV4	NDIV3	NDIV2	NDIV1	NDIV0
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	3
4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	1	2
7	0	0	0	0	1	3
8	0	0	0	0	2	0
...	...	...				...
59	0	0	0	3	2	3
60	0	0	0	3	3	0
61	0	0	0	3	3	1
62	0	0	0	3	3	2
...	...	...				...
4092	3	3	3	3	3	0
4093	3	3	3	3	3	1
4094	3	3	3	3	3	2
4095	3	3	3	3	3	3

2 ピン ヘッダの MUX0、MUX1、MUX2 によって RFOUTA と RFOUTB の出力が決まります。

表 4-3. 出力マルチプレクサの設定

MUX2	MUX1	MUX0	RFOUTA	RFOUTB
0	0	0	チャネル デバイダ	チャネル デバイダ
0	0	1	チャネル デバイダ	VCO
0	1	0	VCO	チャネル デバイダ
0	1	1	VCO	VCO

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 4-3. 出力マルチプレクサの設定 (続き)

MUX2	MUX1	MUX0	RFOUTA	RFOUTB
1	0	0	ダブラ	チャネル デバイダ
1	0	1	VCO	ダブラ
1	1	0	ダブラ	VCO
1	1	1	ダブラ	ダブラ

その他の 2 ピン ヘッダの定義は次のとおりです。

表 4-4. 2 ピン ヘッダの定義

記号	機能
MUTEA、MUTEB	出力ミュートの制御。
RECAL	RECAL が High の場合、デバイスがロックを失うと、自動的に再較正して再ロックします。評価基板のデフォルトでは、このピンは High に接続されています。
DBLR	OSCin ダブラを有効にします。
CAL	High に接続してデバイスを有効にします。Low から High への遷移によって、VCO 較正がトリガされます。

たとえば、LMX デバイスをピン モードで次のように構成します。

- f_{OSC} = 100MHz、f_{PD} = 200MHz、f_{VCO} = 12GHz
- RFOUTA = 24GHz 出力、RFOUTB = 3GHz

ハードウェア構成:

- N 分周器 = 12G / 200M = 60 → NDIV[5:0] = $(000330)_4$
- RFOUTA = 24GHz および RFOUTB = 3GHz → MUX[2:0] = $(100)_2$
- チャネル分周器 = 12G / 3G = 4 → CDIV[2:0] = $(020)_4$
- f_{PD} = 200MHz → DBLR = High

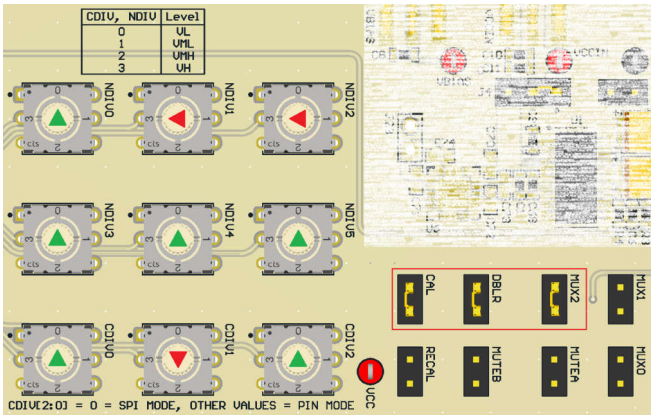


図 4-39. ピン モードのハードウェア構成

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 ハードウェア設計ファイル

5.1 回路図

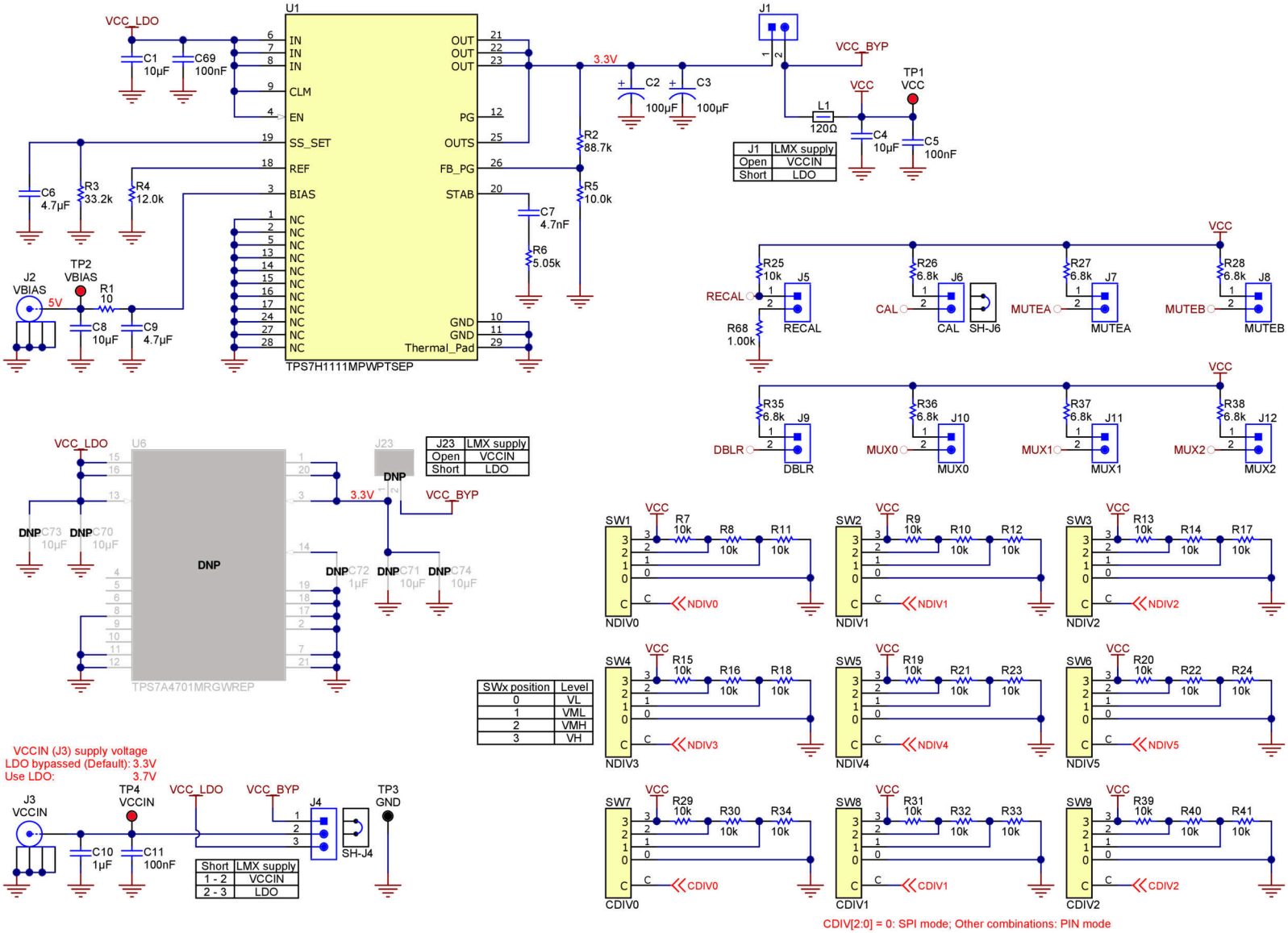


図 5-1. 電力供給と制御

English Document: SNAU308
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

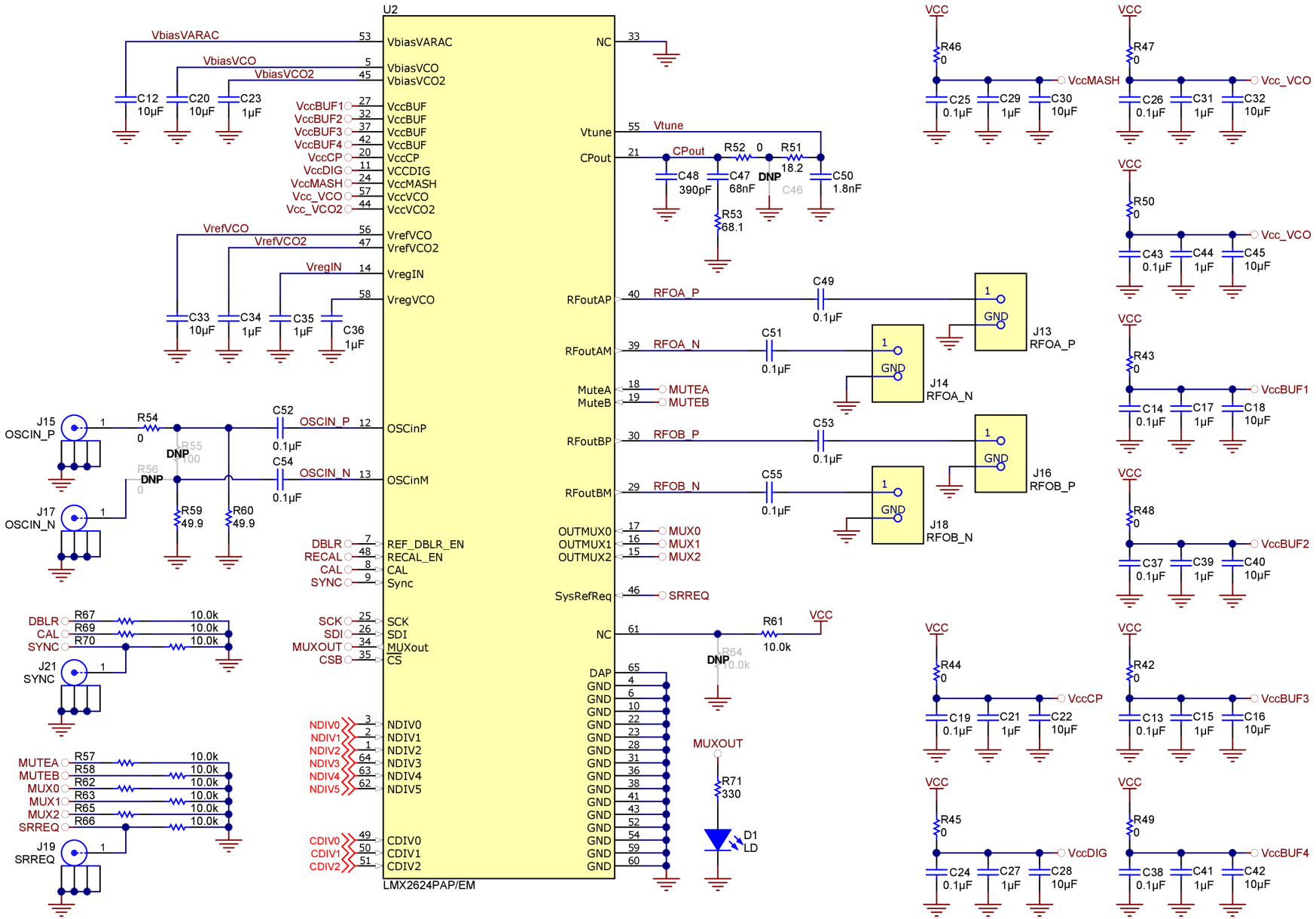


図 5-2. LMX シンセサイザ

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

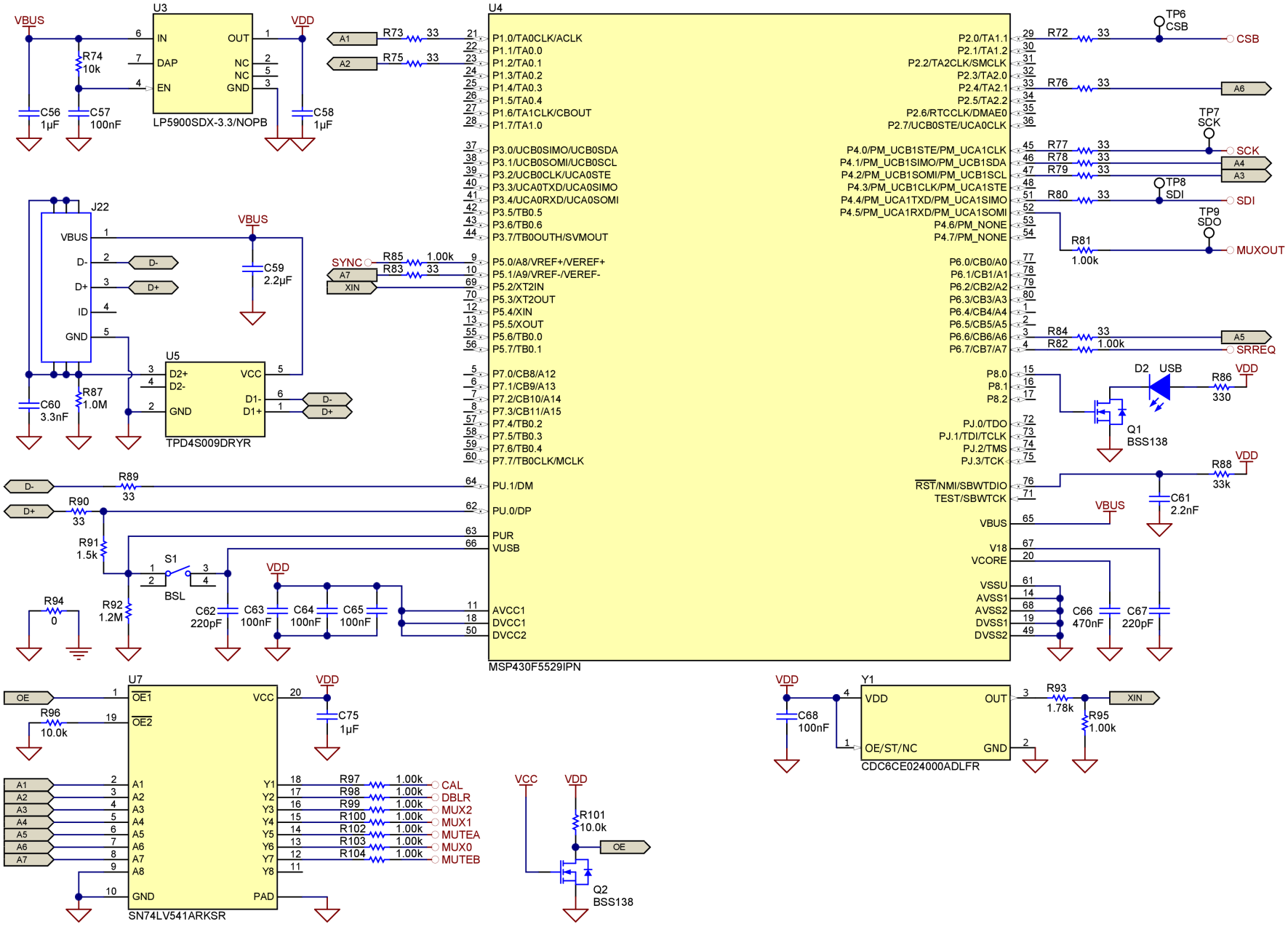


図 5-3. USB2ANY

English Document: SNAU308
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.2 PCB のレイアウト

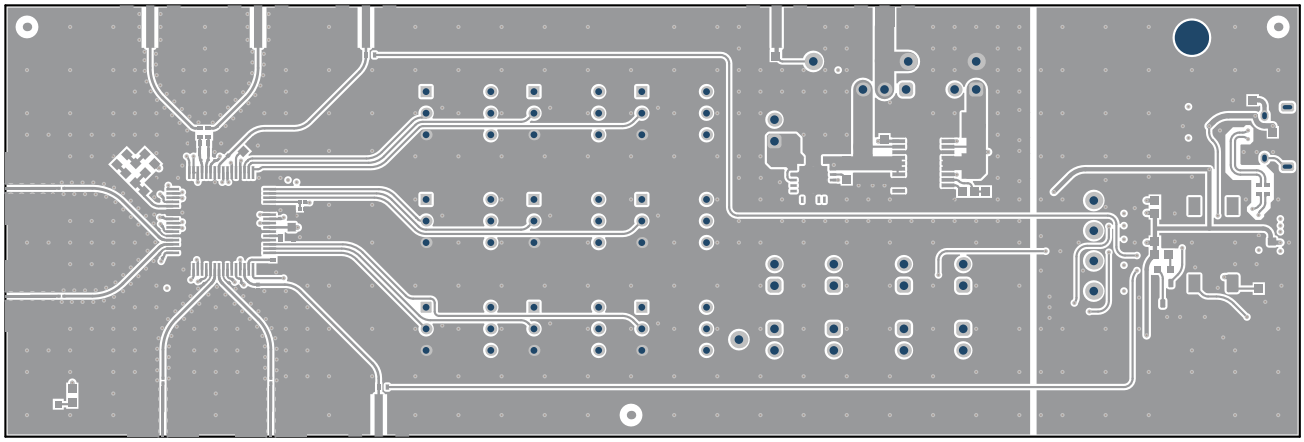


図 5-4. 上層

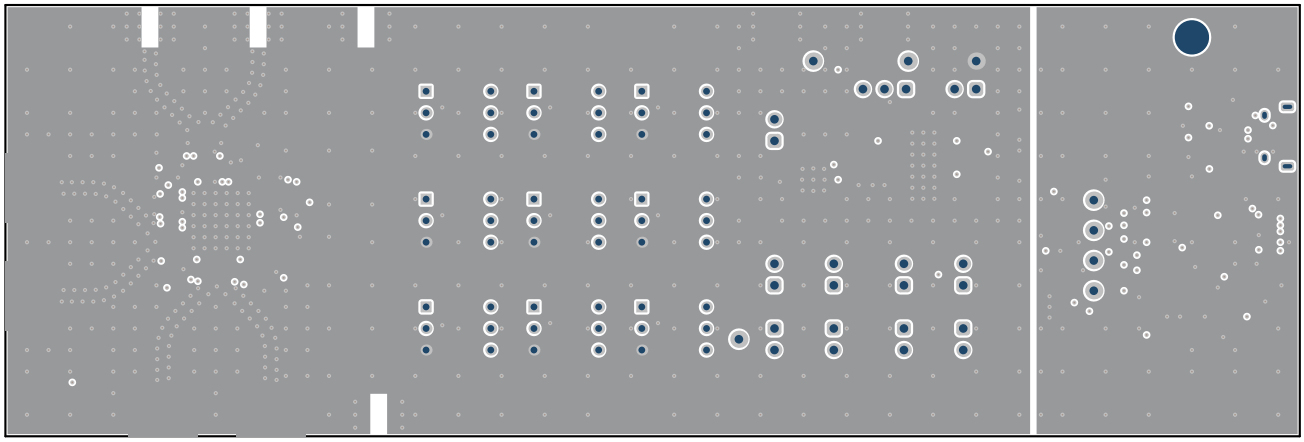


図 5-5. 第 2 層

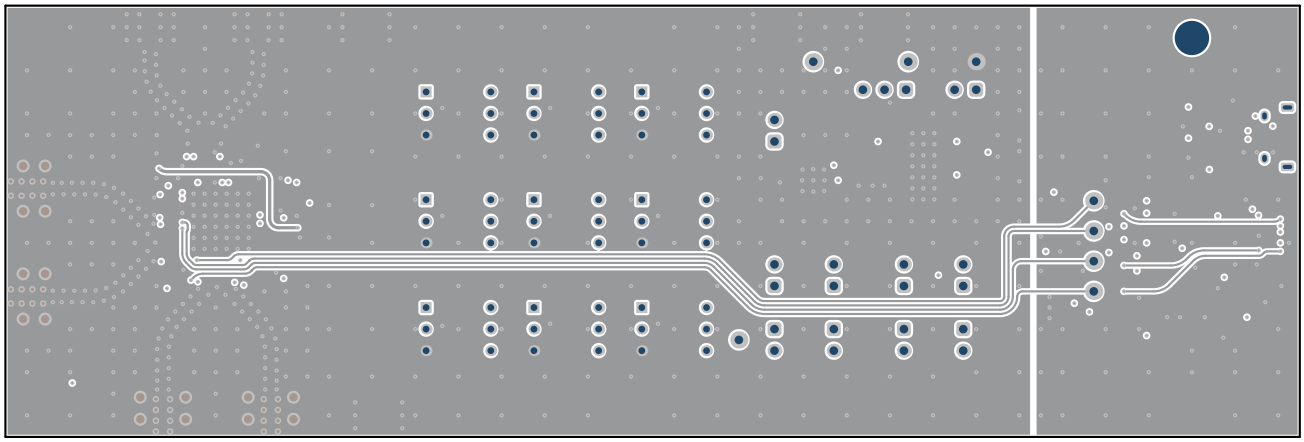


図 5-6. 第 3 層

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

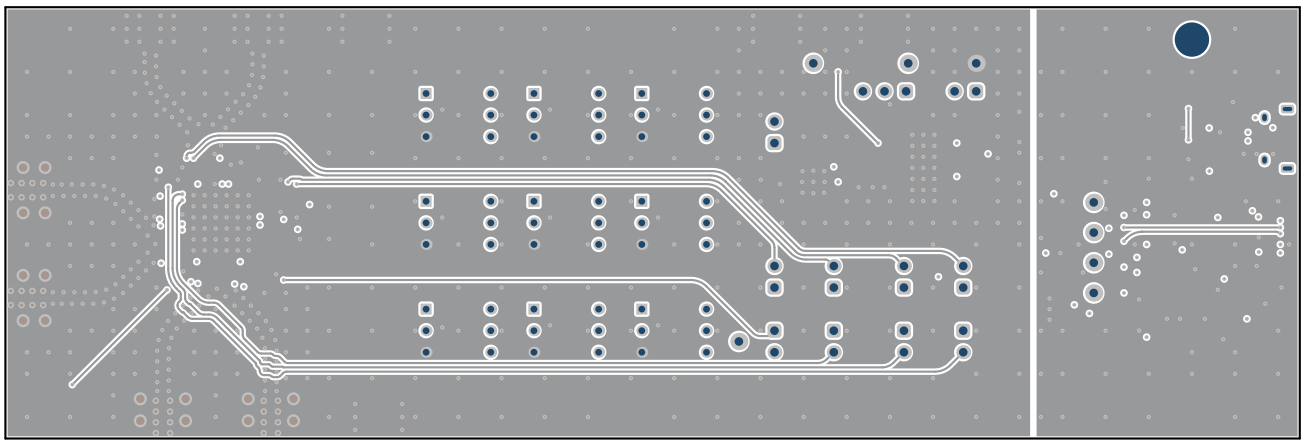


図 5-7. 第 4 層

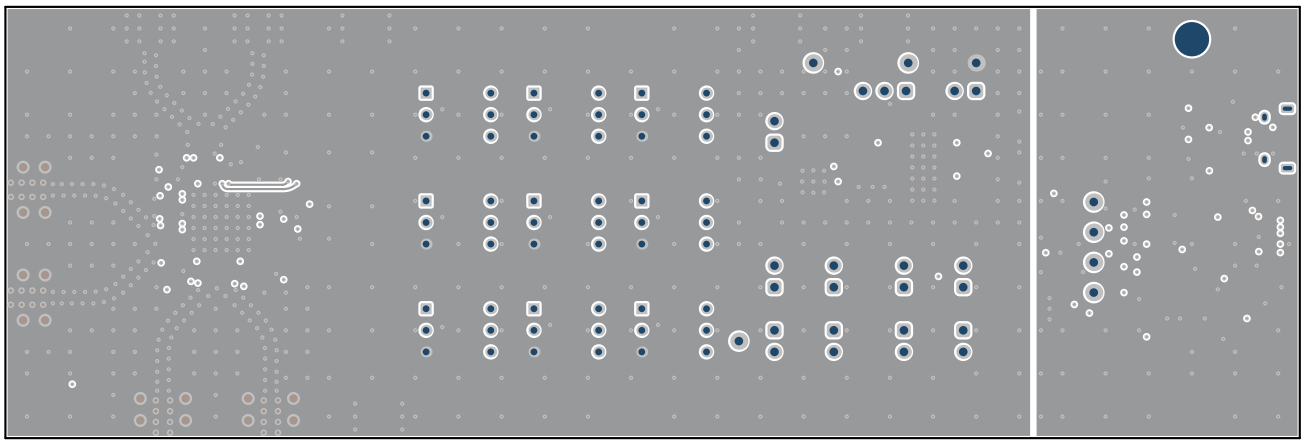


図 5-8. 第 5 層

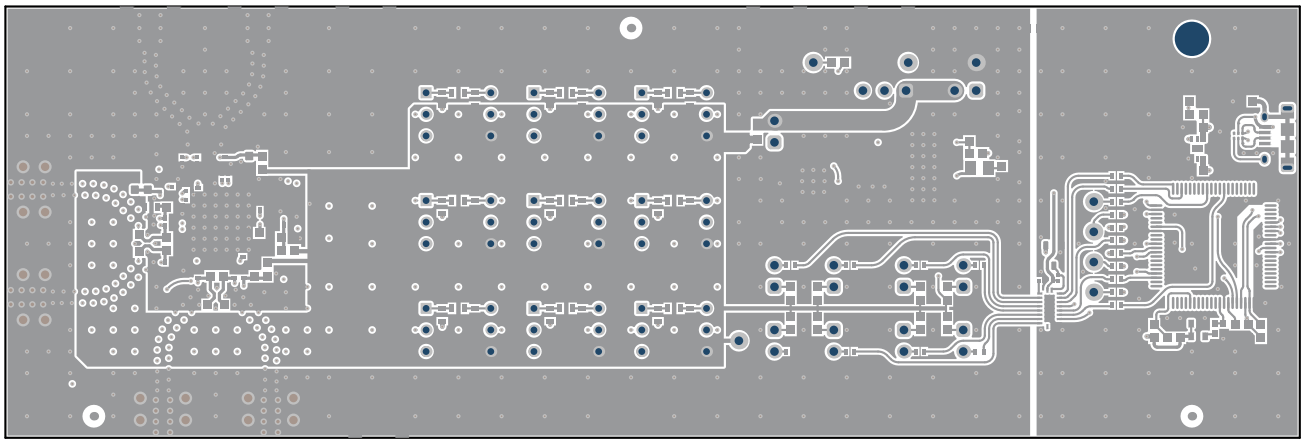


図 5-9. 下層

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. PCB スタックアップ

基板面	材料	厚さ (mil)	定数
表	銅	2.8	
誘電	RO4350B LoPro	7.3	3.55
2nd	銅	1.4	
誘電	FR4	13	4.2
3rd	銅	1.4	
誘電	FR4	9	4.2
4th	銅	1.4	
誘電	FR4	13	4.2
5th	銅	1.4	
誘電	FR4	9	4.2
裏	銅	2.8	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.3 部品表 (BOM)

記号	説明	部品番号	メーカー
C1、C4、C8、C12、C16、C18、C20、C22、C28、C30、C32、C33、C40、C42、C45	コンデンサ、セラミック、10µF、10V、10%、X5R、0603	GRM188R61A106KAALD	MuRata™
C2、C3	コンデンサ、ソリッド タンタル、100µF、20V、E ケース、10%	TPME107K020R0035	京セラ AVX
C5、C11、C57、C63、C64、C65、C68、C69	コンデンサ、セラミック、0.1µF、16V、10%、X7R、0603	885012206046	Würth Elektronik™
C6、C9	コンデンサ、セラミック、4.7µF、16V、10%、X7R、0603	GRM188Z71C475KE21D	MuRata
C7	コンデンサ、セラミック、4.7nF、50V、5%、C0G、0805	GRM2165C1H472JA01D	MuRata
C10、C56、C58、C72	コンデンサ、セラミック、1µF、16V、10%、X7R、0603	885012206052	Wurth Elektronik
C13、C14、C19、C24、C25、C26、C37、C38、C43、C49、C51、C52、C53、C54、C55	コンデンサ、セラミック、0.1µF、10V、10%、X5R、0201	ATC530Z104KT10T	AT セラミック
C15、C17、C21、C23、C27、C29、C31、C34、C35、C36、C39、C41、C44、C75	コンデンサ、セラミック、1µF、25V、10%、X5R、0402	GRM155R61E105KA12D	MuRata
C47	コンデンサ、セラミック、68nF、25V、10%、X7R、0603	885012206070	Wurth Elektronik
C48	コンデンサ、セラミック、390pF、50V、5%、C0G、0603	C0603C391J5GACTU	Kemet
C50	コンデンサ、セラミック、 1.8nF、10%、X7R 0603	C0603C182K5RACTU	Kemet®
C59	コンデンサ、セラミック、2.2µF、16V、20%、X5R、0603	885012106018	Wurth Elektronik
C60	コンデンサ、セラミック、3.3nF、50V、10%、X7R、0603	885012206086	Wurth Elektronik
C61	コンデンサ、セラミック、2.2nF、16V、10%、X7R、0603	885012206036	Wurth Elektronik
C62、C67	コンデンサ、セラミック、220pF、50V、5%、C0G、0603	C0603C221J5GACTU	Kemet
C66	コンデンサ、セラミック、0.47µF、16V、10%、X7R、0603	GRM188R71C474KA88D	MuRata
D1、D2	LED、緑色、SMD、0603	LTST-C190GKT	Lite-On
H1、H2、H3、H4、H5	バンパーシリンダ径 0.312 インチ	SJ61A6	3M®
J4	ヘッダ、100mil、3x1、金、TH	TSW-103-07-G-S	Samtec
J2、J3、J15、J17、J19、J21	SMA ジャック STR エッジ マウント コネクタ	CON-SMA-EDGE-S	RF Solutions Ltd.
J1、J5、J6、J7、J8、J9、J10、J11、J12	ヘッダ、100mil、2x1、金、TH	TSW-102-07-G-S	Samtec®
J13、J14、J16、J18	2.92mm コネクタ、50Ω 基板端	1521-00002	SV マイクロ波
J22	USB 2.0、Micro-USB タイプ B、R/A、SMT	10118194-0001LF	FCI
L1	フェライト ビーズ、120Ω@100MHz、3A、0603	BLM18SG121TN1D	MuRata
Q1、Q2	MOSFET、N-CH、50V、0.22A、SOT-23	BSS138	Fairchild
R1	RES、10、5%、0.1W、0603	CRCW060310R0JNEA	Vishay®-Dale
R2	RES、88.7k、1%、0.1W、0603	CRCW060388K7FKEA	Vishay-Dale
R3	RES、33.2k、0.1%、0.1W、0603	RT0603BRD0733K2L	Yageo America
R4	RES、12.0k、0.1%、0.1W、0603	RT0603BRD0712KL	Yageo® America
R5	抵抗、10.0k、1%、0.1W、0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
R6	RES、5.05k、0.5%、0.1W、0603	RT0603DRE075K05L	Yageo America

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

記号	説明	部品番号	メーカー
R7、R8、R9、R10、R11、R12、R13、R14、R15、R16、R17、R18、R19、R20、R21、R22、R23、R24、R25、R29、R30、R31、R32、R33、R34、R39、R40、R41、R74	RES 10k、5%、0.1W、0603	CRCW060310K0JNEA	Vishay-Dale
R26、R27、R28、R35、R36、R37、R38	RES、6.8k、5%、0.1W、0603	CRCW06036K80JNEA	Vishay-Dale
R42、R43、R44、R45、R46、R47、R48、R49、R50、R52、R94	抵抗、0、5%、0.1W、0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R51	抵抗、18.2、1%、0.1W、0603	CRCW060318R2FKEA	Vishay-Dale
R53	抵抗、68.1、1%、0.1W、0603	CRCW060368R1FKEA	Vishay-Dale
R54	抵抗、0、5%、0.063W、0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R57、R58、R61、R62、R63、R65、R66、R67、R69、R70、R96、R101	RES、10.0k、1%、0.05W、0201	CRCW020110K0FKED	Vishay-Dale
R59、R60	抵抗、49.9、1%、0.063W、0402	CRCW040249R9FKED	Vishay-Dale
R68、R81、R82、R85、R95、R97、R98、R99、R100、R102、R103、R104	RES、1.0k、1%、0.063W、0402	CRCW04021K00FKED	Vishay-Dale
R71、R86	抵抗、330、5%、0.1W、0603	CRCW0603330RJNEA	Vishay-Dale
R72、R73、R75、R76、R77、R78、R79、R80、R83、R84、R89、R90	抵抗、33、5%、0.063W、0402	CRCW040233R0JNED	Vishay-Dale
R87	RES, 1.0 M, 5%, 0.1 W, 0603	CRCW06031M00JNEA	Vishay-Dale
R88	RES、33k、5%、0.1W、0603	CRCW060333K0JNEA	Vishay-Dale
R91	RES、1.5k、5%、0.1W、0603	CRCW06031K50JNEA	Vishay-Dale
R92	RES、1.2M、5%、0.1W、0603	CRCW06031M20JNEA	Vishay-Dale
R93	RES、1.78k、1%、0.063W、0402	CRCW04021K78FKED	Vishay-Dale
R95	RES、1.00k、1%、0.063W、0402	CRCW04021K00FKED	Vishay-Dale
S1	スイッチ、触感、SPST、0.05A、12V、SMT	FSM4JSMA	TE の接続®
SH-J4、SH-J6	シャント、100mil、金メッキ、黒	SNT-100-BK-G	Samtec®
SW1、SW2、SW3、SW4、SW5、SW6、SW7、SW8、SW9	ロータリースイッチ DIP SP4T 100mA 50V	220ADB04	CTS
TP1、TP2、TP4	テスト ポイント、ミニチュア、赤色、TH	5000	Keystone
TP3	テスト ポイント、ミニチュア、黒色、TH	5001	Keystone
TP6、TP7、TP8、TP9	テスト ポイント、ミニチュア、白色、TH	5002	Keystone
U1	1.5A、耐放射線特性 LDO	TPS7H1111MPWPTSEP	テキサス インスツルメンツ
U2	宇宙グレード広帯域 RF シンセサイザ	LMX2624PAP/EM LMX2695PAP/EM LMX2824MPAPTEP	テキサス インスツルメンツ
U3	超低ノイズ、150mA LDO	LP5900SDX-3.3/NOPB	テキサス インスツルメンツ
U4	25MHz マイクロコントローラ	MSP430F5529IPN	テキサス インスツルメンツ
U5	4 チャネル ESD ダイオード	TPD4S009DRYR	テキサス インスツルメンツ
U7	オクタル バッファ、3 ステート出力	SN74LV541ARKSR	テキサス インスツルメンツ
Y1	高性能 BAW 発振器	CDC6CE024000ADLFT	テキサス インスツルメンツ

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 追加情報

6.1 デバッグ情報

評価基板が期待どおりに動作しない場合は、以下を考慮してください。

ハードウェア設定の確認:

- 評価基板の動作が確認されるまで、評価基板に変更を加えたり、デフォルト設定を変更したりしないでください。
- 電源が接続され、オンになっており、デバイスの電流制限が適切であることを確認します。
- OSCIN 信号が供給され、適切な出力レベルでオンになっていることを確認します。
- スペクトル アナライザの中心周波数がターゲット周波数と一致していることを確認します。周波数が中心から外れていてもキャリアが見えるように、広いスパンを選択します。
- デバイスがピン モードで CAL ピンによってパワーダウンされていないことを確認します。
- 評価基板がピン モードのとき、
  - CAL ヘッダがストラップされている場合、評価基板のパワーアップ電流は約 240mA です。
  - CAL ヘッダがオープンの場合、評価基板のパワーアップ電流は約 16mA です。
- 評価基板が PC に接続されているとき、
  - 評価基板デフォルト モード構成で TICS Pro がロードされている場合、評価基板のパワーアップ電流は約 240mA です。
  - それ以外の場合、評価基板のパワーアップ電流は約 16mA です。
- オンボード LDO を使用する場合は、
  - LDO によって追加の 20mA 電流が引き込まれます。
  - VBIAS と VCCIN の両方の電源が必要です。

ソフトウェア設定の確認:

- 構成がうまく機能しない場合は、評価基板デフォルト モード構成に戻し、デバイスがロックされていることを確認した後で、再度デバイスを自分の構成に変更してください。
- 赤色の警告が表示されないことを確認します。表示されている場合、警告の要素にマウスを合わせるか、ツール チップのヒントを読むか、左下のステータス ウィンドウでメッセージを確認してください。
- 「**Reset device**」(デバイスのリセット) ボタンを 1 回選択してデバイスをリセットし、すべてのレジスタをロードします。
- アシストなし動作では、VCO 周波数を変更した後、または VCO ダブラ出力を有効にした後は、VCO 較正が必要です。「**Calibrate VCO**」(VCO の較正) ボタンを選択して、VCO 較正を開始します。
- レジスタの読み戻しには正しい構成が必要です。詳細については、図 4-18 を参照してください。

PC 通信の確認:

- メニュー バーで、「USB Communications」(USB 接続) →「Interface」(インターフェイス) の順に選択します。USB2ANY ボタンが緑色になっていることを確認します。「Identify」(識別) を選択して、評価基板の USB LED が点滅することを確認します。
- **POWERDOWN** = 1 をプログラムして、電流が大きく変化していることを確認します。

6.2 商標

MuRata™ is a trademark of Murata Manufacturing Co., Ltd..
Würth Elektronik™ is a trademark of Würth Elektronik GmbH & Co. KG.
Windows® is a registered trademark of Microsoft Corporation.
Kemet® is a registered trademark of KEMET ELECTRONICS CORPORATION.
3M® is a registered trademark of 3M Company.
Samtec® is a registered trademark of Samtec Inc..
Vishay® is a registered trademark of VISHAY INTERTECHNOLOGY, INC..
Yageo® is a registered trademark of Yageo Corperation.
TE の接続® is a registered trademark of Tyco International Services GmbH.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

7 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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

Changes from Revision B (June 2025) to Revision C (August 2026) **Page**

- ドキュメント全体にわたって LMX2695SEPEVM を追加 1

Changes from Revision A (May 2025) to Revision B (June 2026) **Page**

- 文書全体で LMX2695SEPEVM および LMX2824EPEVM バリアントを削除 1
- 文書全体で評価基板周波数を 30GHz に更新 1
- 『*特長*』セクションの周波数範囲を更新 1
- 「仕様」セクションの「評価基板周波数」を更新 2

Changes from Revision * (November 2024) to Revision A (May 2025) **Page**

- USB2ANY インターフェイスの LMX2624-SP デバイスを LMX デバイスに変更 5
- 『*RF 出力*』セクションの周波数範囲を更新 7
- 『フル アシスト動作』セクションで LMX2624-SP デバイスを LMX デバイスに変更 11
- 『*SYSREF パルス生成*セクション』に SysRefReq ピンの切り替え動作を追加 14
- 『*SYSREF 反復モード*』セクションの LMX2624-SP デバイスを LMX デバイスに変更 14
- 『*位相同期*』セクションの LMX2624-SP デバイスを LMX デバイスに変更 15
- 『*カテゴリ 1b SYNC およびカテゴリ 2 SYNC の同期*』セクションで LMX2624-SP デバイスを LMX デバイスに変更 15
- 『PCB レイアウト』セクションを RevB PCB レイアウトに更新 23

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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 DEGREDATION 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/lsds/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/lsds/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, INDEMITY 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