

TRF1108-DAC39RF 評価基板



説明

TRF1108-DAC39RFEVM は、テキサス・インスツルメンツの **TRF1108** 差動入力、シングル エンド出力 RF アンプと組み合わせて、DAC39RF10 D/A コンバータ (DAC) の評価に使用できる評価ボードです。この評価基板 (EVM) では、USB コネクタと FTDI の USB-to-SPI バストランスレータ経由のデバイス レジスタ プログラミングを実施できます。オプションの、FMC+ コネクタ経由の SPI を使用した FPGA のプログラムが可能です。

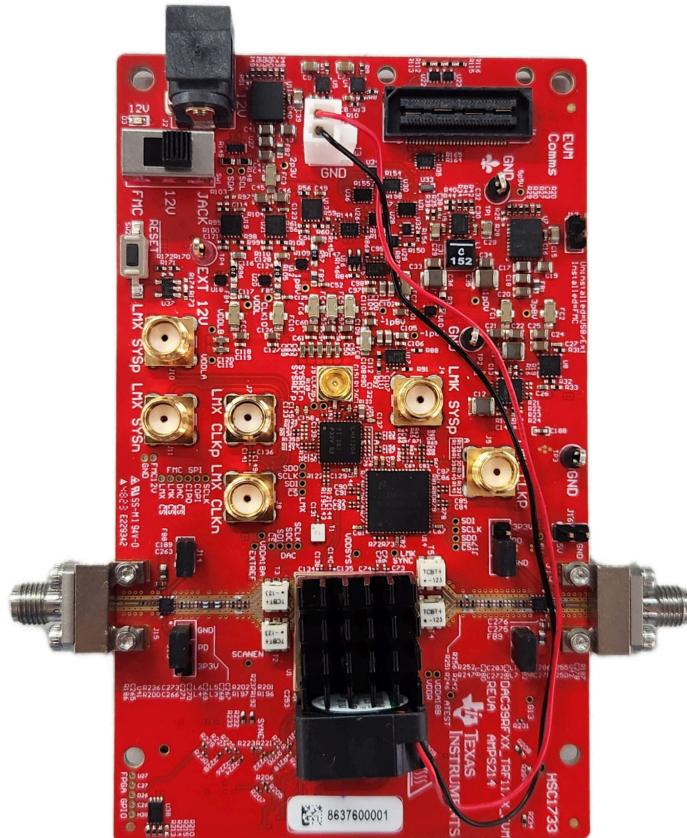
特長

- TI の高速差動からシングルエンドへの変換アンプ (**TRF1108**) を搭載したチャネルで、DC～4GHz 付近の帯域幅により、シングルエンド信号出力とイメージ除去フィルタを実行できます。

- TI の高速差動からシングルエンドへの変換アンプ (**TRF1108**) を搭載したチャネルで、マルチナイキスト動作に構成されており、DC～12GHz 付近の帯域幅でシングルエンド信号を出力できます。
- DAC39RF10 は、16 ビット分解能、最大入力データ レート (20.48GSPS) を持つ D/A コンバータです。

アプリケーション

- 衛星通信 (SATCOM)
- フェーズド アレイアンテナ システム
- 合成開口レーダー (SAR) 励振器
- ワイヤレス通信テスター
- 任意波形ジェネレータ (AWG)



EVM

1 評価基板の概要

1.1 はじめに

この評価ボードは、以下の重要な機能も搭載しています。

- LMX1204 クロック チップは、DAC のサンプリング クロックを分配します。
- クロック ジェネレータである LMK04828 は、高速シリアル インターフェイス用に SYSREF および FPGA リファレンス クロックを生成します。
- 非常にノイズの小さいクロック ソース (供給源) を使用し、DAC の性能をテストすることを目的としたトランス結合型クロック入力回路
- ピン数の多い FMC+ インターフェイス コネクタを経由する高速シリアル データ出力

注

信号配線品質を向上させるため、シリアル レーンの極性は標準の FMC VITA-57 信号マッピングに対して反転されています。信号のマッピングおよび極性は [表 2-6](#) に示されています。

TRF1108-DAC39RFEVM KEY COMPONENTS

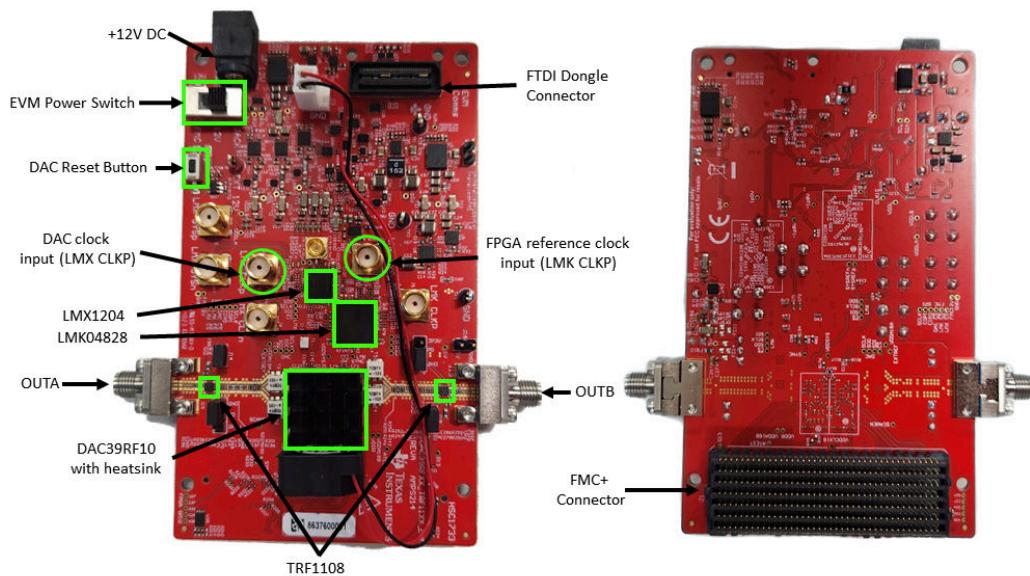


図 1-1. 評価基板の向き

TRF1108-DAC39RFEVM は、パターン ジェネレータ ボードである TSW14J59EVM と組み合わせて使用することができます。TSW14J59EVM は、TRF1108-DAC39RFEVM と迅速かつ容易にインターフェイスできます。

注

現時点では、TSW14J59EVM がサポートしているのは、シリアルライザ / デシリアルライザ (SerDes) のデータレート 6Gbps~12.8Gbps における 64b/66b エンコード モードのみです。8b/10b モードおよびより低い SerDes レートのサポートは、今後リリースされる HSDC Pro ソフトウェアで追加予定です。

High-Speed Data Converter Pro (HSDC Pro) ソフトウェアは、TSW14J59EVM との通信および DAC39RF10 用データパターンの生成に使用されます。

TSW14J59EVM は、生成されたデータ パターンをエンコードし、メモリに格納した後、高速シリアル データリンク (JESD インターフェイス) を介して TRF1108-DAC39RFEVM に送信します。

HSDC Pro ソフトウェアで適切なハードウェア設定を行うと、TSW14J59EVM は自動的に構成され、TRF1108-DAC39RFEVM の広範な動作速度範囲をサポートします。ただし、TSW14J59EVM ボードが DAC デバイスの全動作範囲を完全にカバーしていない可能性があります。

注意



高温面。触るとやけどの原因になることがあります。触れないでください。

1.2 キットの内容

- 評価基板
- mini USB ケーブル
- 電源ケーブル
- USB Type-C® ケーブル
- FTDI ドングルは、TRF1108-DAC39RFEVM を FTDI 経由でプログラムするために使用します

1.3 仕様

TRF1108 は、非常に高性能な差動-シングルエンド (D2S) アンプで、無線周波数 (RF) アプリケーション用に最適化されています。このデバイスは、高性能 DAC39RF10 や AFE7950 などの D/A コンバータ (DAC) で駆動する場合に D2S 変換を必要とするアプリケーションに最適です。

1.4 製品情報

DAC39RF10 は、16 ビット分解能のシングルおよびデュアル チャネル D/A コンバータ (DAC) ファミリです。これらのデバイスは、シングル チャネルまたはデュアル チャネルの非補間 DAC として使用できます。このデバイスは、直接 RF サンプリング モードまたはベースバンド モードの補間 DAC としても使用できます。最大入力データレートは、シングル チャネル モードで 20.48GSPS、デュアル チャネル モードまたはベースバンド モードで 10.24GSPS です。このデバイスは、8GHz を超える搬送波周波数で、最大 10GHz、7.5GHz、および 5GHz の信号帯域幅 (8、12、16 ビットの入力分解能) の信号を生成でき、C バンド経由および X バンドへの直接サンプリングが可能です。TRF1108 はこの非常に広い帯域幅を実現し、ほぼ DC から 8GHz を超える広い周波数帯域を提供します。

2 ハードウェア

2.1 必要な機器

TRF1108-DAC39RFEVM キットには含まれていませんが、本製品の評価には以下の機器が必要です。

- TSW14J59EVM データキャプチャボードおよび関連機器
- 高速データコンバータプロソフトウェア
- Microsoft® Windows® 10 が動作する PC
- 低ノイズ信号発生器 (DEVCLK 用サンプリングクロック) です。TI では、以下のジェネレータを推奨しています。
 - Rohde & Schwarz® SMA100B
- 信号経路ケーブルは SMA または BNC (またはその両方) を使用

デフォルトでは、TRF1108-DAC39RFEVM は LMX1204 クロッキングチップを使用し、外部クロック信号を DAC39RF10 に分配するとともに、LMK04828 に供給して TSW14J59EVM に必要なクロックを生成します。いくつかの基板修正を行うことで、ユーザーは他のクロッキングオプションを使用して DAC39RF10 を評価できるようになります。

2.2 セットアップ手順

このセクションでは、DAC39RF10 と TRF1108 の組み合わせ性能を評価するために、適切な機器を使用して TRF1108-DAC39RFEVM および TSW14J59EVM をベンチ上でセットアップする方法について説明します。

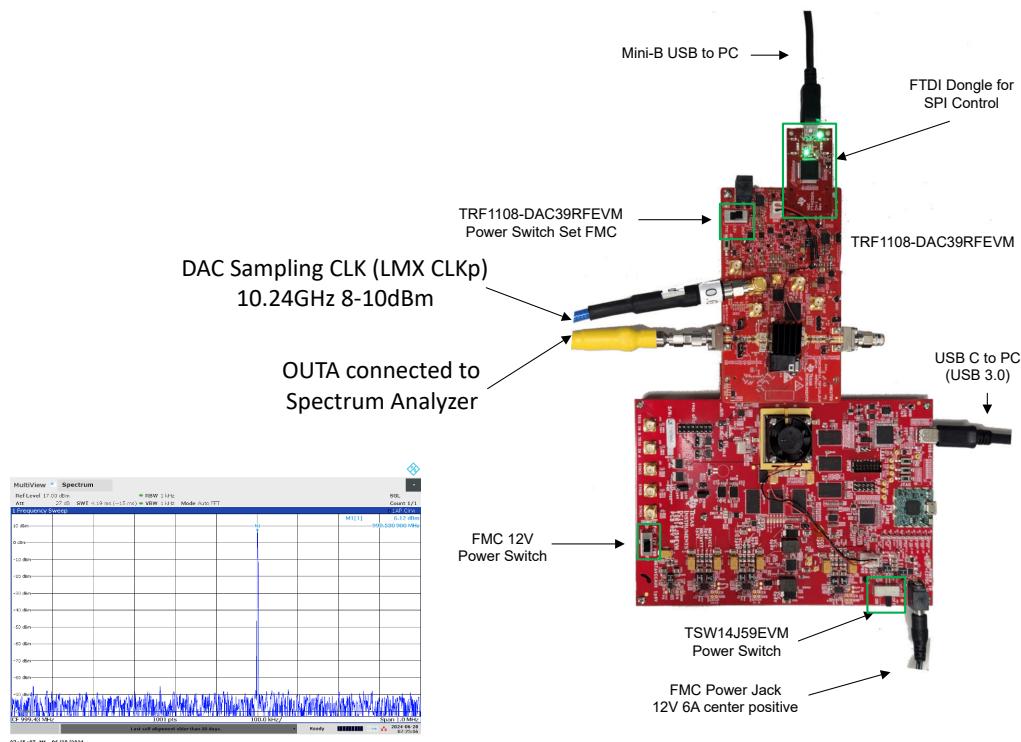


図 2-1. TRF1108-DAC39RFEVM のテストの構成

注

TSW14J59EVM を初めて PC に接続する前に、HSDC Pro ソフトウェアをインストールしておく必要があります。

2.2.1 高速データコンバータ (HSDC) Pro ソフトウェアのインストール

1. 最新バージョンの HSDC Pro ソフトウェアを [DATA CONVERTER PRO-SW](#) からダウンロードしてください。インストール手順に従って、ソフトウェアをインストールします。

2.2.2 DAC39RF10EVM 構成 GUI ソフトウェアのインストール手順

- 初めて DAC GUI をインストールする場合は、[FTDI のウェブサイト](#)から FTDI ドライバをダウンロードし、インストールしてください。ドライバのインストール後、PC の再起動が必要になる場合があります。
- [DAC39RF10EVM ツールフォルダ](#)から Configuration GUI ソフトウェアをダウンロードしてください。
- .zip ファイルを展開します。
- 展開したフォルダ内の実行ファイル (DAC39RF1xEVMexxx.exe) を実行します。

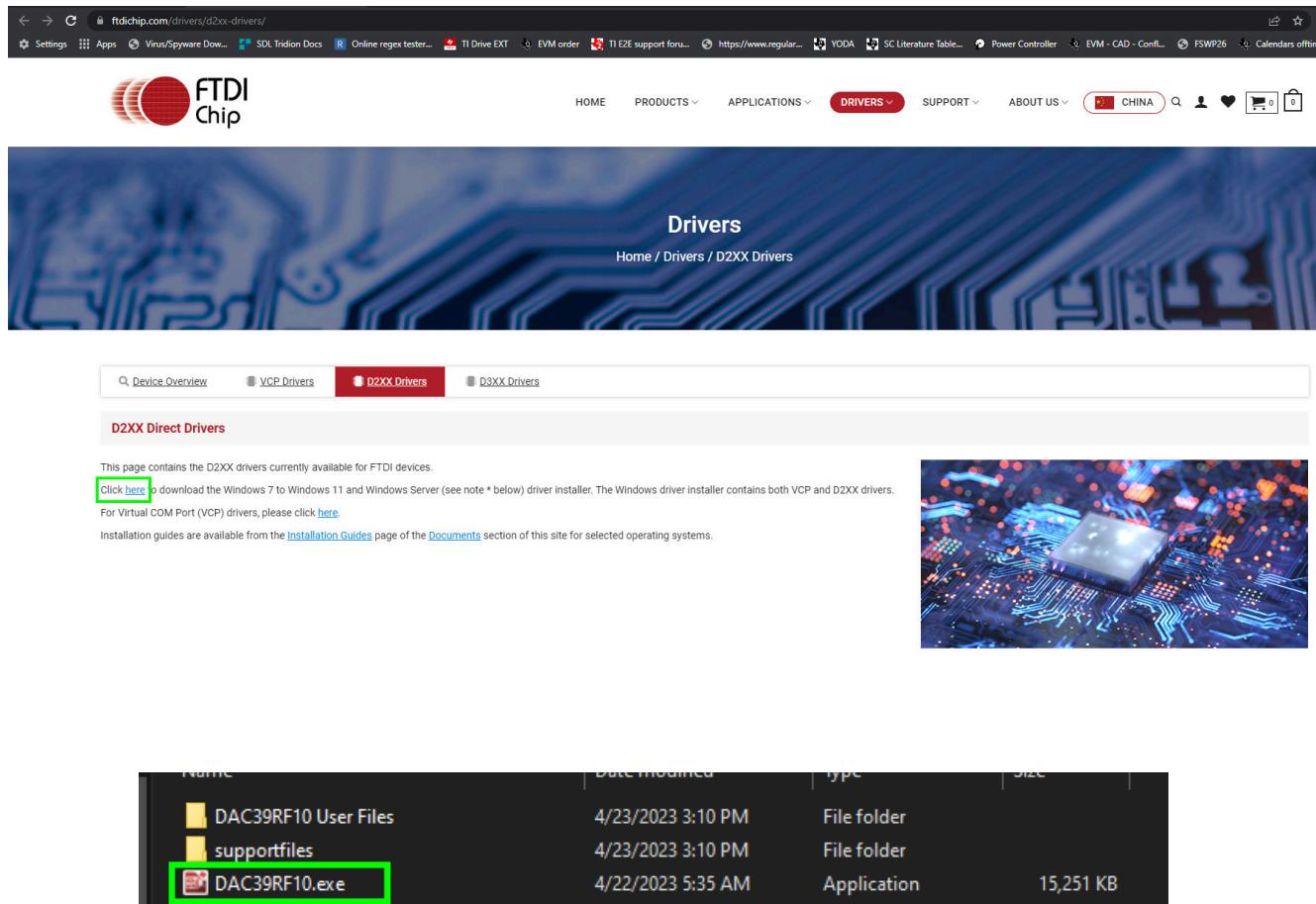


図 2-2. FTDI ウェブサイトからドライバをダウンロードしてインストール

2.2.3 TRF1108-DAC39RFEVM と TSW14J59EVM 間の接続

- 電源をオフにした状態で、[セクション 2.2](#) に示すように FMC+ コネクタを介して TRF1108-DAC39RFEVM を TSW14J59EVM に接続します。スタンドオフがしっかりとコネクタ接続のために適切な高さを確保していることを確認してください。

2.2.4 電源をボードに接続する(電源オフ)

1. TSW14J59EVM の電源スイッチが オフ位置にあることを確認してください。12V DC (最小 6A) の電源装置に電源ケーブルを接続します。バレルコネクタの外側が GND、内側が 12V であることを確認し、極性が正しいことを必ず確認してください。電源ケーブルを TSW14J59EVM の電源コネクタに接続します。
2. TRF1108-DAC39RFEVM は、以下のいずれかの方法で電源を供給できます。TRF1108-DAC39RFEVM 上のコネクタジャック (J2) から 12V DC (最小 2A) を入力する方法。または、TSW14J59EVM から FMC+ コネクタ経由で電力を供給する方法です。DAC 評価基板の電源選択スイッチ (SW1) により、電源を DAC 評価基板上のバレル ジャックから供給するか、または TSW14J59EVM の FMC+ コネクタ経由で供給するかを選択できます。TRF1108-DAC39RFEVM の電源スイッチが、実際に電力が流れる経路とは反対側 (ジャック位置) に設定されていることを確認してください。バレル ジャック オプションを使用する場合は、12V DC (最小 2A) の電源装置に電源ケーブルを接続してください。バレル コネクタの外側が GND、内側が 12V であることを確認し、電源の極性が正しいことを必ず確認してください。その後、電源ケーブルを評価基板の電源コネクタに接続してください。DAC 評価基板に電源を供給する方法については、[表 2-1](#) を参照してください。

表 2-1. TRF1108-DAC39RFEVM への電力供給

TRF1108-DAC39RFEVM の電源供給元	TRF1108-DAC39RFEVM の電源スイッチ位置	TSW14J59EVM の FMC スイッチ位置	必要な電源
TSW14J59EVM の FMC+ コネクタ経由	FMC (デフォルト設定)	オン	12V 6A (TSW14J59EVM 用)
TRF1108-DAC39RFEVM のジャック接続による外部電源	ジャック	OFF	TSW14J59EVM には 12V 5A、TRF1108-DAC39RFEVM には 12V 2A を使用します

注意

評価基板への電源接続が正しい極性であることを確認してください。極性を誤ると、即座に損傷するおそれがあります。指示があるまで、電源スイッチはオフのままにしておいてください。

2.2.5 スペクトラム アナライザを評価基板に接続する手順

TRF1108-DAC39RFEVM の OUTA SMA コネクタにスペクトラム アナライザを接続します。

LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA クロックシング オプション (デフォルト) を使用する場合は、以下の手順に従います。

1. 信号発生器を評価基板の LMX CLKp 入力に接続します。この信号発生器は低ノイズの信号発生器である必要があります。信号発生器を 0.8~10.24GHz の範囲で希望するクロック周波数に設定します (本例では 10.24GHz を使用します)。高周波信号発生器を使用する場合、LMX CLKp SMA コネクタへの入力電力は 8~10dBm(50Ω で 2Vpp)。
2. この手順は、3 番目のクロッキング オプション (EXT->DACCLK | LMK->FPGA) を使用する場合にのみ必要です。それ以外の場合は次のステップに進みます。信号発生器を評価基板の LMK CLKp とラベルされた SMA 入力に接続します。この信号は、必要な FPGA クロック信号を生成するために使用されます。信号発生器を 160MHz の希望周波数に設定します。出力電力を 約 5~7dBm に設定します。

注

- a. FPGA REF クロック周波数は、DAC39RF10EVM GUI から取得できます。DAC39RF10EVM GUI を希望する JMODE モードおよびクロックレートに設定した後に実行します。EVM に必要な基準クロック周波数は、[図 2-3](#) に示す GUI の最初のページに表示されています。
- b. 機能を正しく動作させるために、DEVCLK とリファレンス クロックの信号源が、共通の 10MHz リファレンスを使用して周波数ロックされていることを確認してください。
- c. この時点では、いずれの信号発生器の RF 出力もオンにしないでください。

2.2.6 TSW14J59EVM の電源を入れ、PC に接続

1. TSW14J59EVM の電源スイッチをオンにします。
2. PC から TSW14J59EVM へ USB-C® ケーブルを接続します。
3. TSW14J59EVM を PC に初めて接続する場合は、画面の指示に従ってデバイスドライバを自動的にインストールしてください。詳細な手順については、「[TSW14J59EVM JESD204C データキャプチャおよびパターンジェネレータカード ユーザーガイド](#)」を参照してください。

2.2.7 TRF1108-DAC39RFEVM の電源を入れ、PC に接続

1. デフォルト設定では、TSW14J59EVM の FMC+ コネクタから電源を供給します。この場合、TSW14J59EVM 上の FMC 電源スイッチを ON 位置に設定し、TRF1108-DAC39RFEVM 上の電源スイッチを FMC (デフォルト) 位置に設定してください。DAC 評価基板に外部電源を使用する場合は、DAC EVM のパラレル ジャックに接続された 12V 電源をオンにし、TRF1108-DAC39RFEVM 上の電源スイッチをジャック位置に設定します。
2. DAC 評価基板上の緑色 LED (D3) が点灯し、DAC EVM に電源が供給されていることを示します。
3. 評価基板に付属の FTDI ドングルを使用し、ミニ USB ケーブルを介して DAC 評価基板を PC に接続します。

2.2.8 信号発生器の RF 出力をオンにします

LMX CLKp に接続された信号発生器の RF 信号出力をオンにしてください。外部クロック オプションを使用する場合は、FPGA リファレンス クロックである LMK CLKp に接続された RF 信号出力もオンにします。

2.2.9 DAC39RF10EVM GUI の起動と DAC 評価基板のプログラム

DAC39RF10EVM 設定 GUI は、HSDC Pro のインストールとは別にインストールされるスタンドアロン GUI です。

注

TRF1108-DAC39RFEVM がサポートする最大クロック レートは 10240MHz です

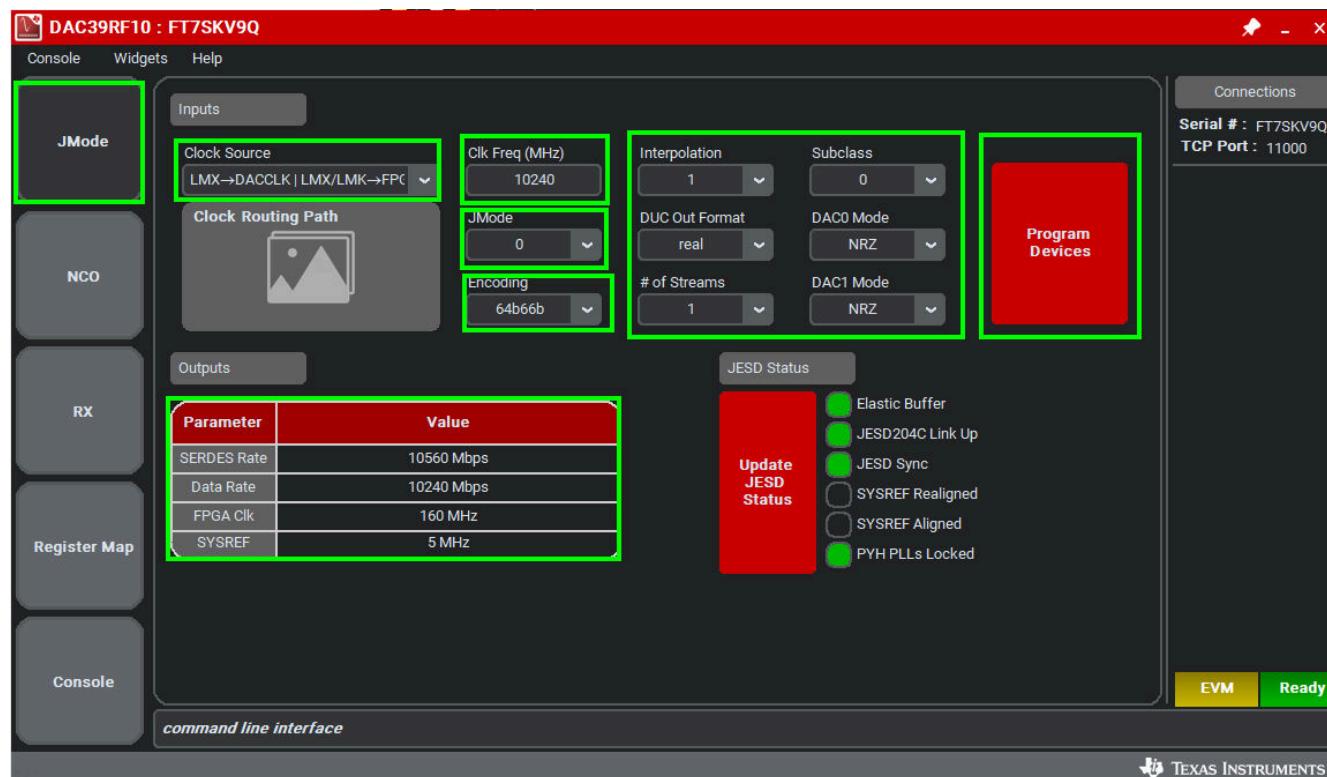


図 2-3. DAC39RF10EVM GUI の設定

それぞれ **JMODE** タブおよび **NCO** タブを開いた状態の GUI は、図 2-3 および 図 2-5 に示されています。パネル左側のタブは、構成をデバイスおよび評価基板の機能ごとに整理しており、ユーザーフレンドリーな操作が可能です。また、レジスタを直接設定するための低レベルタブも用意されています。この評価基板には、DAC39RF10、LMX1204、および LMK04828 の 3 つの構成可能なデバイスがあります。各デバイスのレジスタマップは、該当デバイスのデータシートに記載されています。詳細については [セクション 5.1](#) を参照してください。

1. DAC39RF10EVM GUI を起動します
2. クロックソースとして LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA を選択してください。
3. Clk Freq に 10240MHz を入力します。
4. JMODE オプションには JMODE0 を選択します。
5. Encoding オプションには 64b66b を選択します。
6. その他のオプションはデフォルト設定のままで問題ありません。
7. その後、デバイスをプログラムする (*Program Devices*) をクリックしてください。

注

この操作により、以前のデバイス レジスタ設定はすべて上書きされます。

2.2.10 NCO のプログラミング

以下の手順は、DAC が JMODE 1~7 に設定されている場合のみ必要です。JMODE0 の場合、NCO 設定は [セクション 2.2.11](#) までスキップできます。JMODE 1~7 の構成において、ストリーム数 M が 2 以上かつ補間係数が 2 以上に設定されている場合、NCO (Numerically Controlled Oscillator) を使用して I/Q ベースバンド信号をミキシングし、DAC 出力から高周波信号を生成することができます。

注

ミキサのスケーリング

デジタル アップコンバータ (DUC) ミキサは、NCO 周波数と複素補間入力信号との間で、複素対複素または複素対実のミキシングをサポートしています。ミキサ内でのスケーリングは 1:1 であり、フルスケール 16 ビット (絶対振幅 = 32767) の複素トーンは、出力側でフルスケールの実数または複素トーンとして得られます。入力信号の複素振幅が絶対値で 32767 を超える場合、ミキサは飽和し、波形が破損します。白色で示される円形領域が有効範囲、灰色のコーナー部分が無効範囲であり、図 2-4 に示されています。

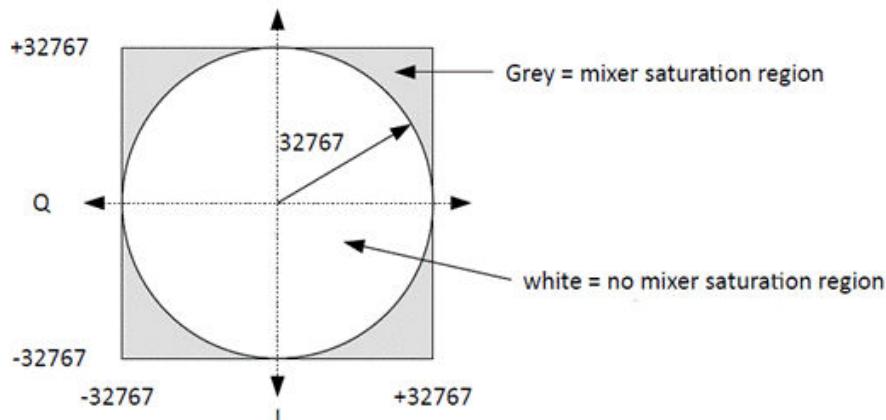


図 2-4. 16 ビット複素入力に対するミキサ飽和領域

補間係数およびストリーム数と使用可能な DUC 数との関係は、表 2-2 に示されています。

表 2-2. サポートされる補間係数と有効な DUC 数との関係

ストリーム数	補間係数	DUC イネーブル
2	2-256x	DUC0

表 2-2. サポートされる補間係数と有効な DUC 数との関係 (続き)

ストリーム数	補間係数	DUC イネーブル
4	4-256x	DUC0, DUC1
6	8-256x	DUC0, DUC1, DUC2
8	8-256x	DUC0, DUC1, DUC2, DUC3

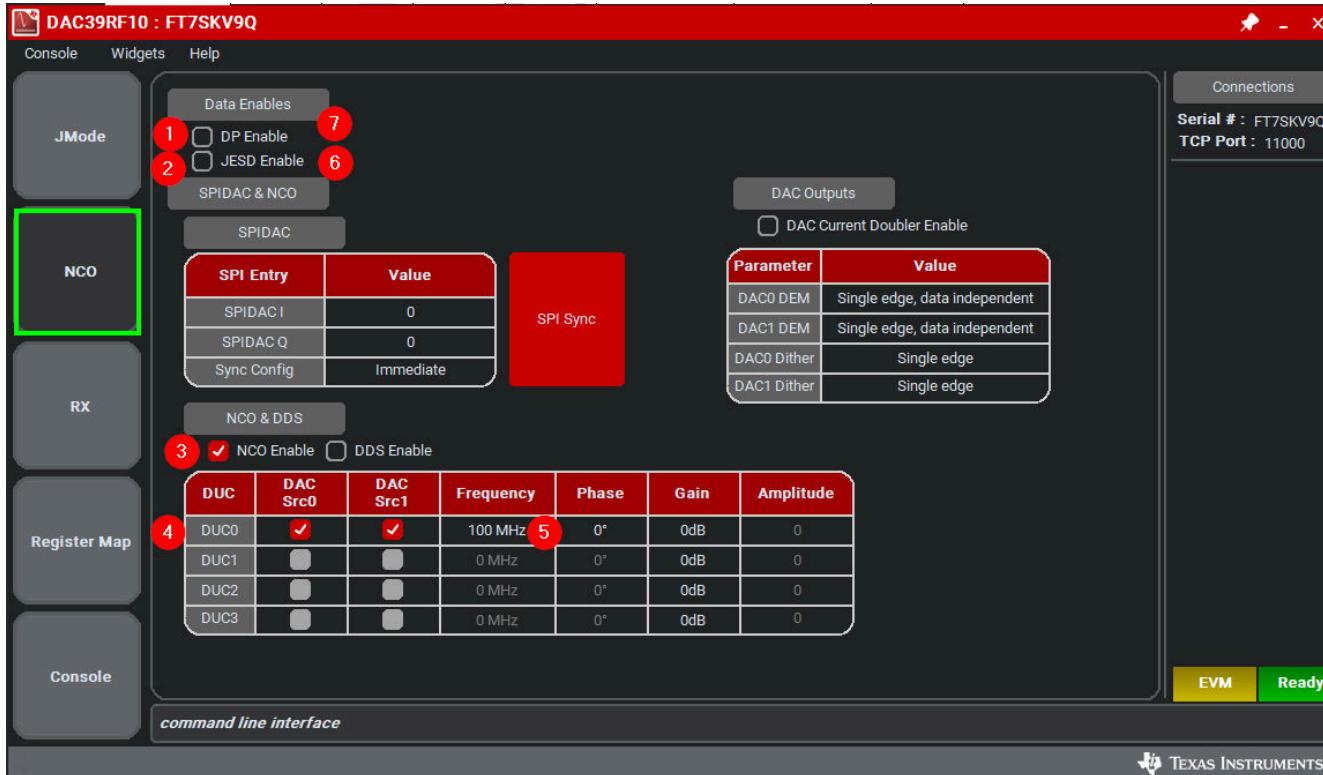


図 2-5. NCO タブ コントロール

PC 上で評価基板 GUI を開いた状態で、GUI 左上にある NCO タブに移動します。

1. NCO を設定するには、まず DP イネーブルのチェックを外します。
2. JESD イネーブルのチェックを外します。
3. NCO イネーブルにチェックを入れます。
4. この例では、JMODE = 1、ストリーム数 = 2 に設定されています。補間係数は 2 に設定されています。DUC0 のみ使用可能であり、他の DUC は 表 2-2 に示すようにグレー アウトされています。DUC0 からのデータは DAC0 および DAC1 にルーティングされます。
5. 周波数を MHz 単位で入力します。
6. JESD イネーブルにチェックを入れます。
7. DP イネーブルにチェックを入れます。

2.2.10.1 SPIDAC (NCO のみ) 動作

DAC は SPIDAC 動作 (NCO のみモード) に設定することもできます。NCO のみモードでは、JESD からストリームされるデータは無視され、DUC の入力は SPIDAC I および SPIDAC Q によって駆動されます。このモードは、JESD Enable が 0 に設定されていること、補間係数 (Interpolation Factor) が 2 以上であること、DP Enable が 1 に設定されていること、DAC が NCO のみモードに構成されていること、といった条件を満たす場合に有効にできます。目的の DUC 数を有効にし、各 DAC から希望する出力を設定するためには、ストリーム数と補間係数の正しい組み合わせを選択する必要があります。これらの設定は [表 2-2](#) に示されています。

この例では、4 つの DUC がすべて有効化されています。DUC0 および DUC1 は DAC0 にルーティングされています。DUC2 および DUC3 は DAC1 にルーティングされています。1 つの DAC に複数の DUC がルーティングされる場合、DAC の飽和を防ぐために、DUC から DAC へのデータを減衰させる必要があります。

NCO のみモードは、以下の手順に従って GUI で設定することができます。

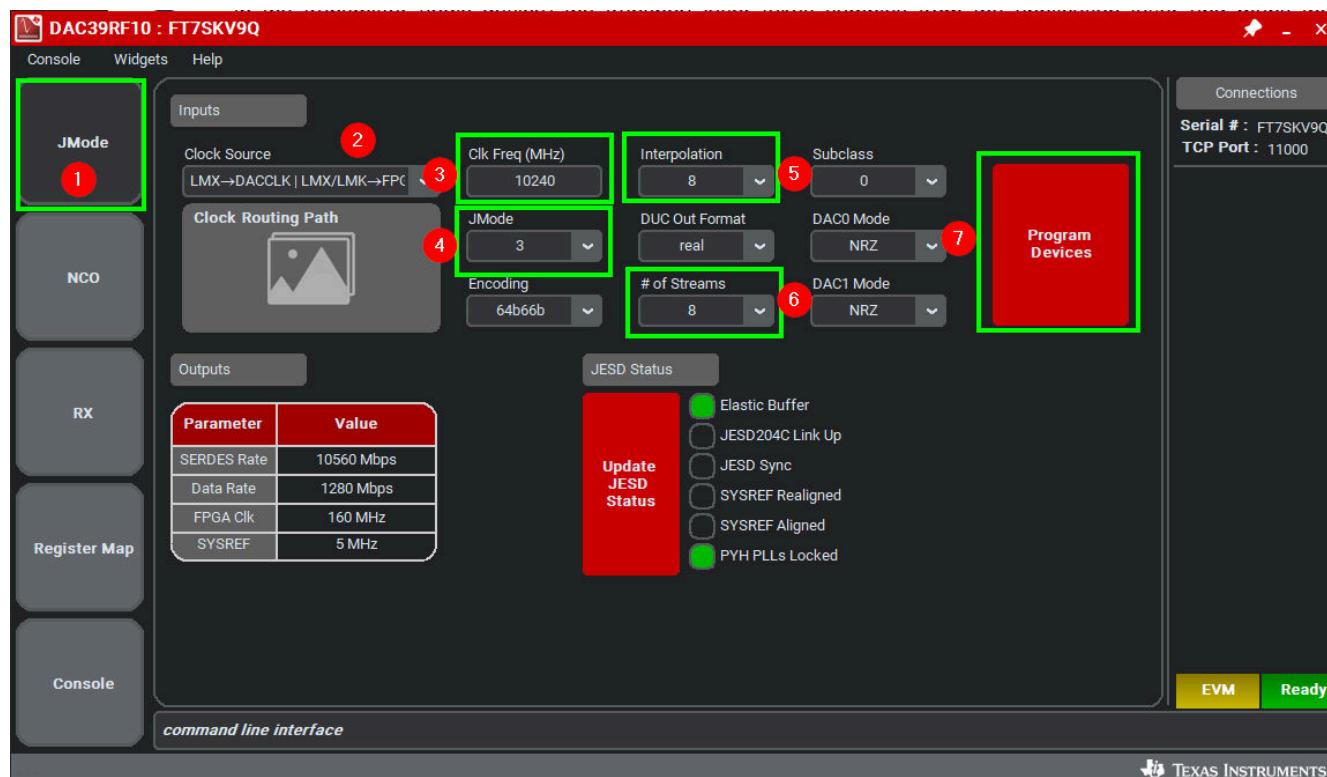


図 2-6. GUI における NCO のみモードの JMODE 設定

1. DAC39RF10EVM GUI を起動します
2. クロックソースとして LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA を選択してください。
3. Clk Freq に 10240MHz を入力します。
4. JMODE オプションで JMODE3 を選択します。
5. 補間係数に 8 を設定します。
6. ストリーム数に 8 を設定します。
7. 「デバイスをプログラム (Program Devices)」ボタンをクリックします。
8. NCO タブで DP イネーブルのチェックを外します。
9. JESD イネーブルのチェックを外します。
10. SPIDAC I に、フルスケール出力の値 32767 を入力します。
11. NCO イネーブルにチェックを入れます。
12. 正しい DUC ルーティング (DUC0 および DUC1 → DAC0, DUC2 および DUC3 → DAC1) を選択します。2 つの DUC が 1 つの DAC にルーティングされているため、DAC の飽和を防ぐためにゲイン値を -6dB に調整する必要があります。

13. 希望する周波数を入力します。
14. DP イネーブルにチェックを入れます。
15. これで、DAC の両チャネルから出力が得られます。

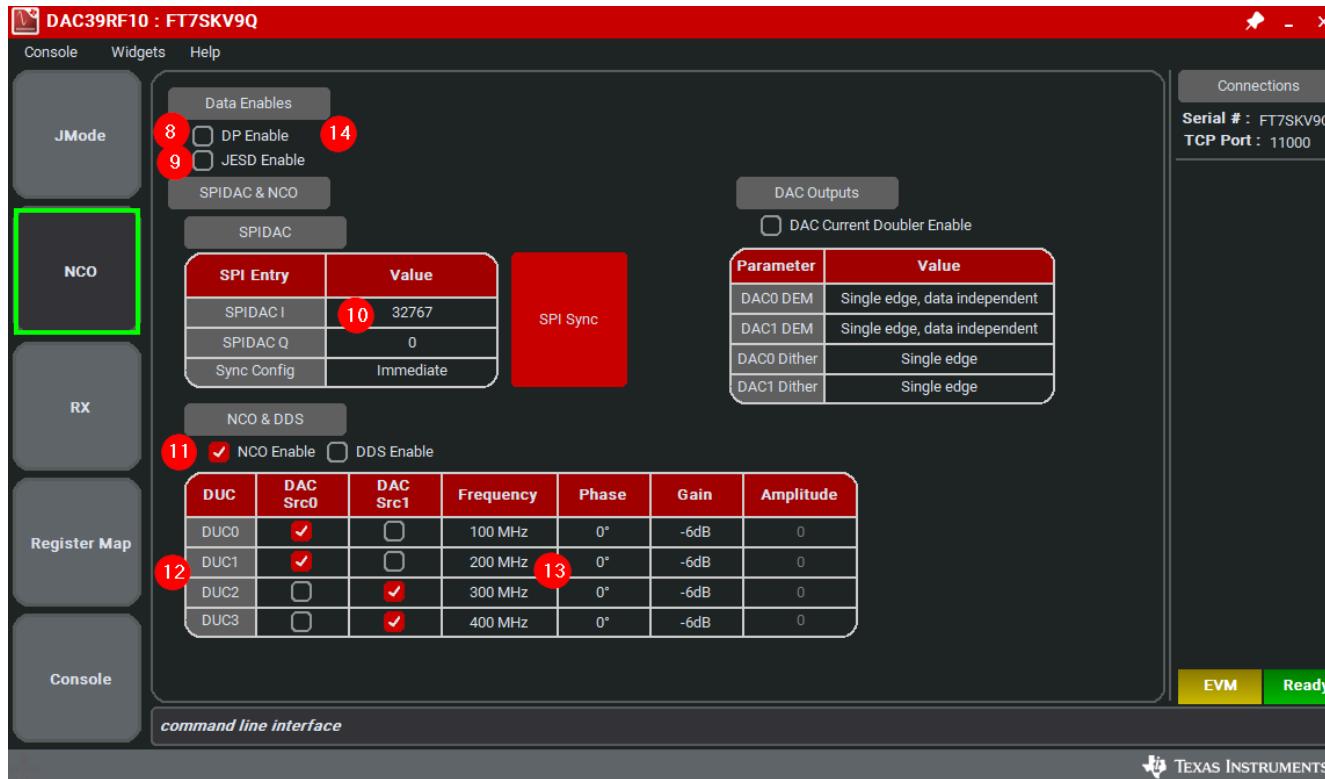


図 2-7. NCO Only モードの GUI 設定

SPI DAC モードと同様に、DDS モードを低消費電力オプションとして使用することもできます。DDS モードを有効にするには、以下の手順を実行します。

1. 上記のステップ 1~9 を順に実行してください。
2. ステップ 10 をスキップします。
3. ステップ 11 では、NCO DDS イネーブルにチェックを入れます。
4. ステップ 12 を実行します。
5. ステップ 13 を実行します。
6. 振幅は、2 つの DUC が 1 つの DAC にルーティングされているため、最大値 32767 から 16384 に 6dB 減衰させた 16384 を設定します。
7. ステップ 14 を実行します。
8. これで、DAC の両チャネルから出力が得られます。

2.2.11 HSDC Pro ソフトウェアを起動し、FPGA イメージを TSW14J59EVM にロード

1. HSDC Pro バージョン 5.303 以降のソフトウェアを起動します。
2. **OK** をクリックして、TSW14J59EVM のシリアル番号を確認しますデバイス。複数の TSWxxxxx ボードが接続されている場合は、TRF1108-DAC39RFEVM に接続されているボードのモデルとシリアル番号を選択します。
3. デバイスでは、ドロップダウン メニューから **DAC** を選択してください。

注

ポップアップ ウィンドウにファームウェアなし (*No Firmware*) と表示された場合は、ファームウェアをロードするデバイスを選択し、**OK** をクリックして次のステップに進みます。



図 2-8. HSDC Pro の起動とセットアップ

4. 画面左上の **DAC** 選択ドロップダウンから **DAC39RF1x_JMODE0** デバイスを選択します。
5. プロンプトが表示されたら、**はい (Yes)** をクリックしてファームウェアを更新します (ファームウェアのダウンロードが完了するまでお待ちください)。

注

EVM をデフォルトのレジスタ値以外のオプションで構成する場合は、HSDC Pro でデバイスを選択する際に異なる手順が必要となる場合があります。詳細については、[セクション 2.5](#) を参照してください。

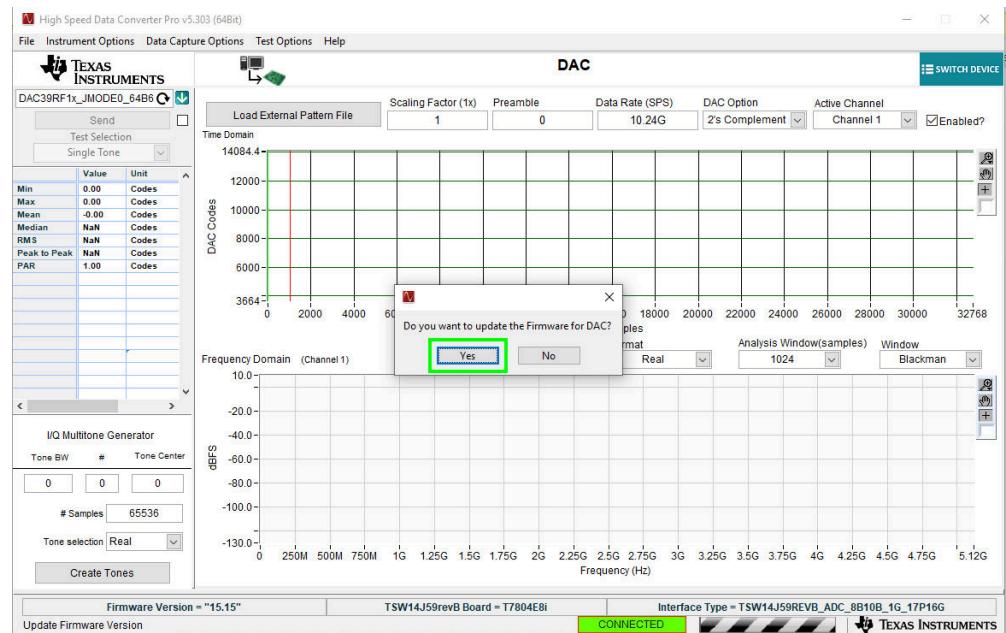
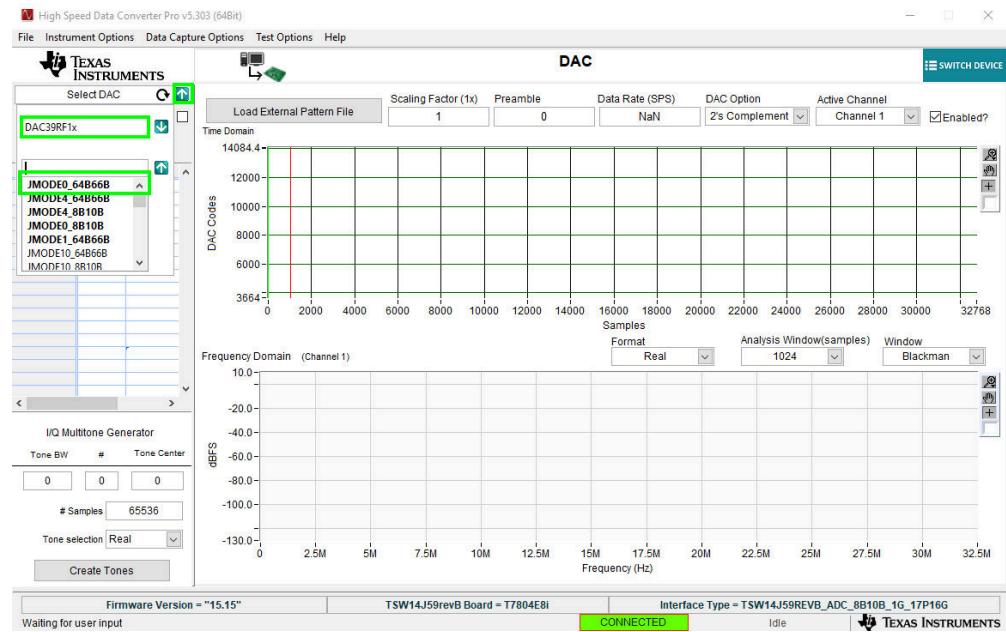


図 2-9. HSDC Pro セットアップ

- データレート欄に **10.24G** または希望する入力データレートを入力します。データレートの値は DAC39RF10EVM GUI から参照でき、出力パラメータ欄に表示されています (図 2-3 を参照してください)。
- DAC オプションのドロップダウンでは、オフセットビンオプションを選択してください。DAC39RF10EVM GUI は常にオフセットバイナリがデフォルト設定になっています。
- HSDC Pro GUI の左下にある I/Q マルチトーンジェネレータセクションに移動します。トーン数に **1** を入力してください。トーンセンターに **1G** (1GHz または希望の周波数) を入力します。サンプル数は既定値の **65536** のままで構いません。

- トーンの種類は *Real* を選択してください。これは JMODE0 の設定であり、DUC/NCO がバイパスされているためです。別の JMODE が設定されており、DUC/NCO が使用されている場合は、トーン選択を *Complex* に設定してください。
- 次に、HSDC Pro GUI の左上にあるトーンを作成 (Create Tones) ボタンをクリックし、その後に「送信 (Send)」ボタンをクリックします。SERDES RATE に関するポップアップウィンドウが表示された場合は、OK をクリックしてください。これで、DAC はプログラムされた周波数を出力します。

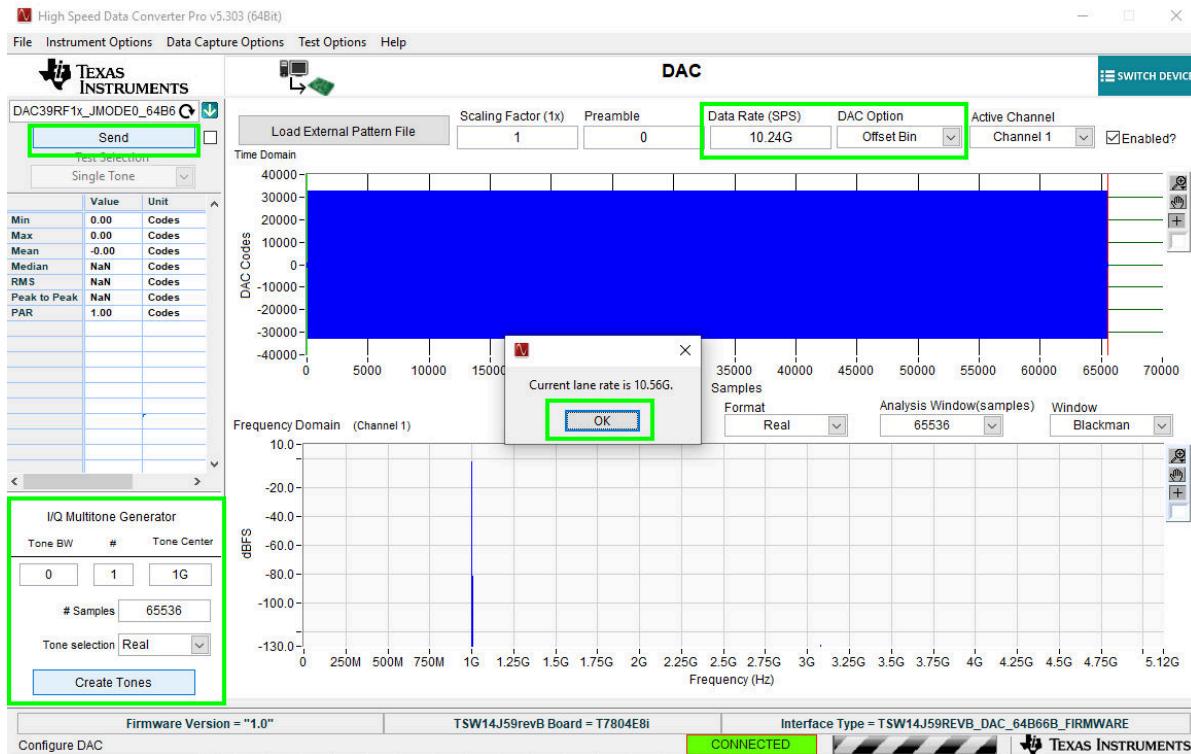


図 2-10. HSDC Pro によるトーン生成および DAC への送信

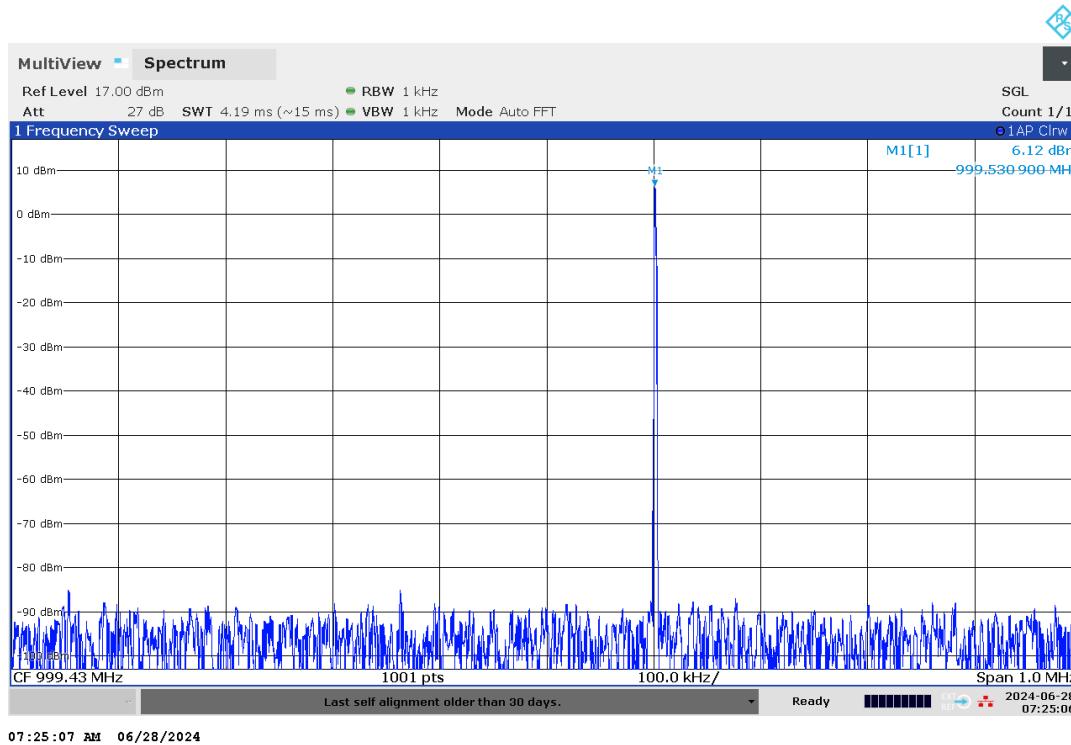


図 2-11. DAC 出力がスペクトラム アナライザに表示

2.3 デバイス設定

DAC デバイスは、FTDI ドングル上に搭載された FTDI USB-to-SPI コンバータを介してアクセス可能なシリアル プログラミング インターフェイス (SPI) バスを通じてプログラムすることができます。また、GUI が用意されており、このバス上で命令を送信し、DAC デバイスのレジスタをプログラムできます。

DAC デバイス内の各レジスタの詳細については、「[DAC39RF10、DAC39RFS10 10.24、20.48-GSPS、16 ビット、デュアルおよびシングル チャネル、マルチナイキスト デジタル-アナログ コンバータ \(DAC\)、JESD204B、C インターフェイス データシート](#)」を参照してください。

2.3.1 対応する JESD204C デバイス機能

DAC デバイスは、一部の JESD204C インターフェイス構成をサポートしています。ただし、TSW14J59EVM のファームウェアに制約があるため、DAC デバイスの JESD204C リンク機能すべてには対応していません。表 2-3 に、サポートされている機能および非サポート機能の一覧が示されています。

表 2-3. JESD204C デバイスのサポート機能および非サポート機能

JESD204C の特長	DAC デバイスでサポートされている機能	TSW14J59EVM でサポートされている機能
(L) リンクあたりのレーン数	L = 1、2、3、4、6、8、12、16 ⁽¹⁾	L = 1、2、3、4、6、8、12、16 がサポートされています
スクランブル	対応	対応
テスト パターン	PRBS7、PRBS9、PRBS15、PRBS31	非対応
速度	レーン レート範囲は 0.75~12.8 Gbps	レーン レート範囲は 2~17.16 Gbps であり、 $f_{(SAMPLE)}$ パラメータは HSDC Pro GUI 内で正しく設定する 必要があります。

(1) この値は、バイパスまたはデシメーション モードおよび出力レートの選択に依存します。JESD204C の設定を変更する前に、必ず JESD204 ブロックを無効化してください。設定変更後に、JESD204 ブロックを再度有効化します。

2.3.2 タブ構成

DAC デバイスの各種機能は、JMODE タブ、NCO タブ、および RX タブ から制御できます。

2.3.3 レジスタ マップおよびコンソール制御

図に示すレジスタ マップ (Register Map) タブでは、ビット図 2-12 フィールド レベルでデバイスの設定を行うことができます。任意のタイミングで表 2-4、対応するコントロールを使用してデバイスの設定または読み取りを実行できます。

Console タブには、DAC 評価基板上で各種デバイスをプログラムする際に実行されるすべての SPI 読み取りおよび書き込みがログとして記録されます。設定ファイルは「コンソール」タブから保存および読み込みが可能です。

表 2-4. レジスタ マップおよびコンソール制御

制御	説明
レジスタ マップの概要	評価基板上のデバイス、各デバイスのレジスタ、およびそれぞれのレジスタ状態を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> レジスタ フィールドをクリックすると、レジスタ データ クラスタ内の個別ビットを操作することができます。 Value 列には、GUI が最後に更新された時点でのレジスタ値が表示されます。 LR 列には、レジスタが最後に読み取られた時点でのレジスタ値が表示されます。
「書き込み登録」ボタン	レジスタ マップ サマリーで選択されているレジスタに対して、書き込みデータフィールドの値を書き込みます。
「すべてを書き込む」ボタン	レジスタ マップ サマリーに示されているレジスタをすべて、レジスタ マップ サマリーに記載されている値で更新します。
すべてのレジスタに一括で書き込みを行います。	レジスタ マップ サマリーで選択されているレジスタを読み取り、その結果を「データを読み込む (Read Data)」フィールドに表示します。この操作は、ハードウェアの状態と GUI を再同期させる際にも使用できます。
「すべてを読む」ボタン	レジスタ マップ サマリー内のすべてのレジスタを読み取り、現在のハードウェア状態を表示します。
「設定をロード」ボタン	ディスクから設定ファイルを読み込み、ファイル内のレジスタ アドレスおよびデータ値を適用します。
「設定を保存」ボタン	現在のレジスタ設定を構成ファイルとして保存します。
登録データクラスタ	レジスタ マップ サマリーで選択されているレジスタ内の、アクセス可能な個々のビットを操作します。
各レジスタ クラスタには、読み取りまたは書き込みを行うためのボタンが備わっています。	ブロックドロップダウン ボックスに表示されているデバイスに対して、アドレスおよび書き込みデータ情報を使用し、汎用の読み取りまたは書き込みコマンドを実行します。

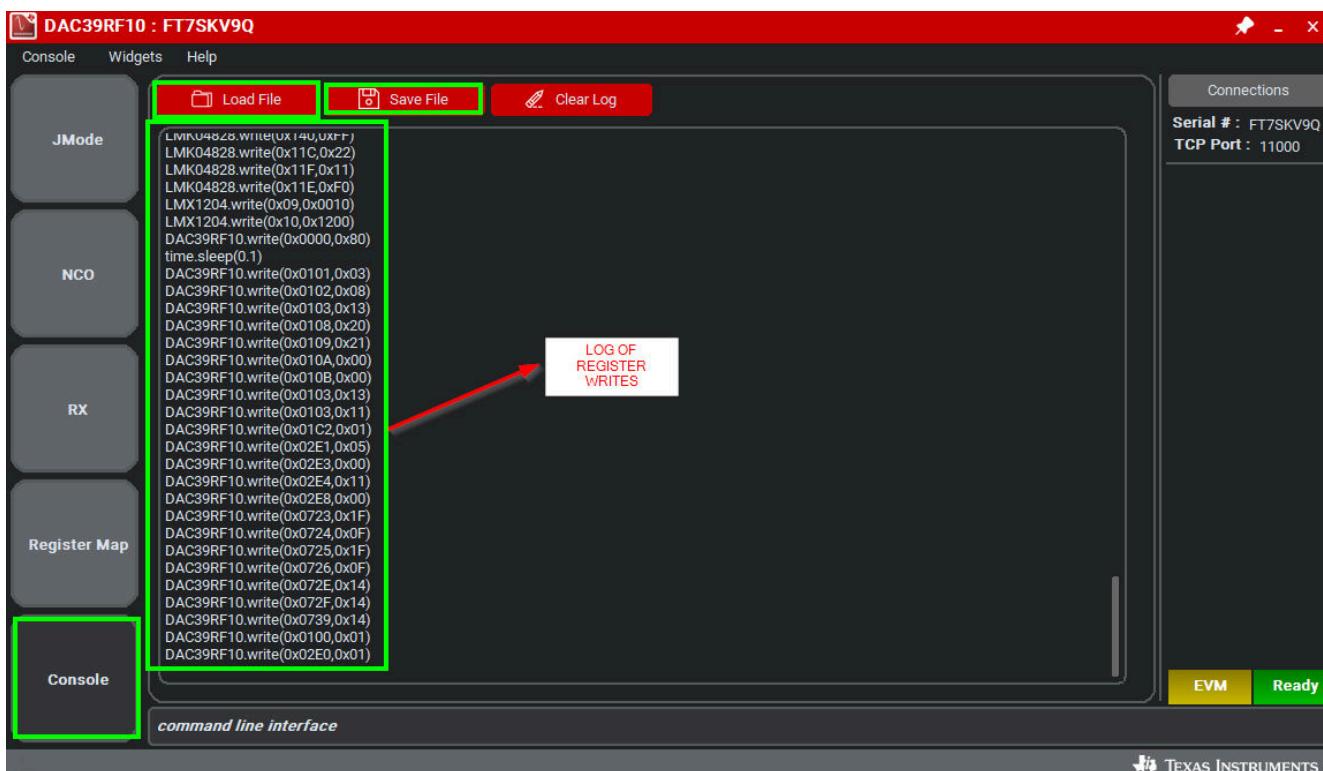
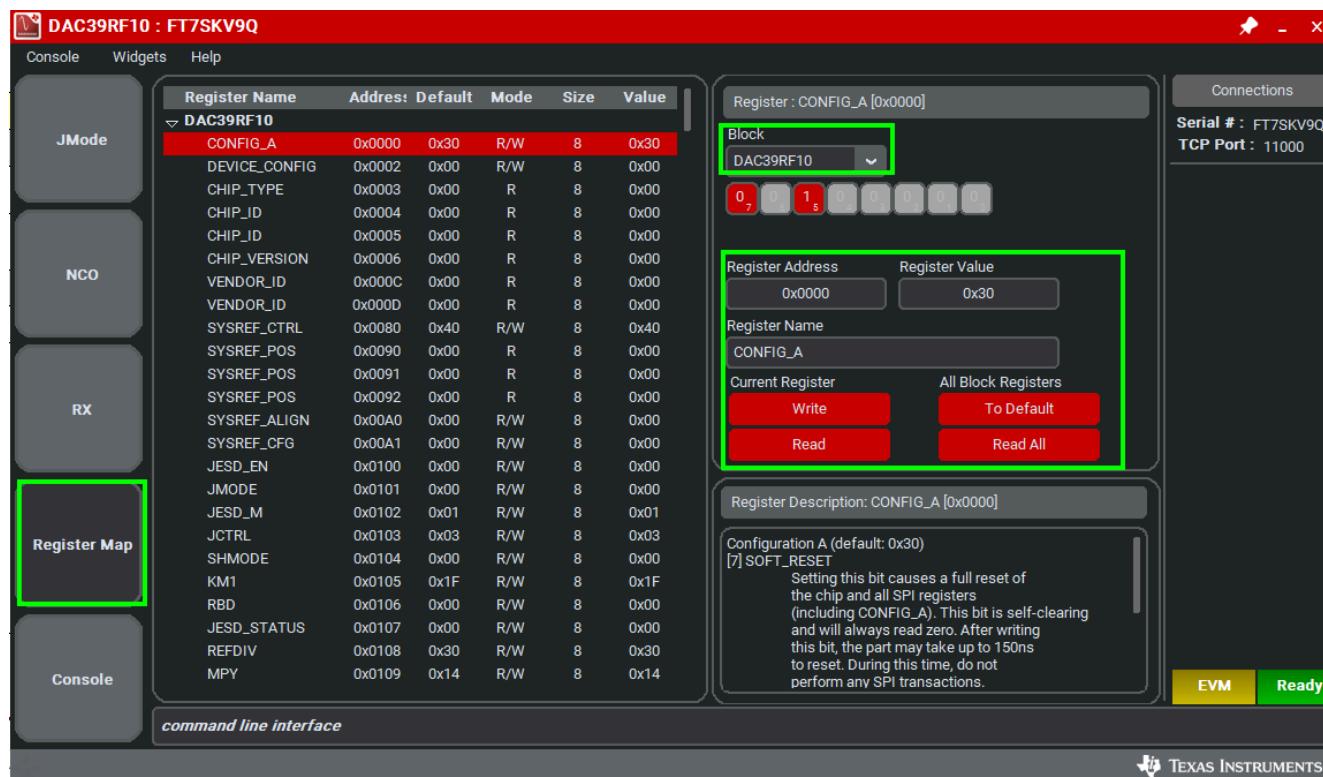


図 2-12. レジスタ マップ タブ

2.4 TRF1108-DAC39RFEVM のトラブルシューティング

いくつかのトラブルシューティング手順は、表 2-5 に示されています。

表 2-5. トラブルシューティング

問題	トラブルシューティング
一般的な問題	<ul style="list-style-type: none"> テストセットアップが 図 2-1 と同様であることを確認してください。本書に記載されたセットアップ手順を再度実施してください。 評価基板および TSW14J59EVM への電源供給を確認します。電源スイッチが ON 位置にあることを確認してください。 評価基板への信号およびクロック接続を確認します。 基板の表面および裏面を目視で点検し、変色や損傷がないことを確認してください。 ボード間の FMC+ 接続が確実に固定されていることを確認してください。 TSW14J59EVM 上の「CPU_RESET」ボタンを押します。DAC の設定を変更した後に、機器オプション → ボードをリセットをクリックしてみてください。 評価基板への外部電源を一度オフにして再度オンにし、DAC、LMX、および LMK デバイスを再プログラムしてください。
TSW14J59EVM の LED が正しく動作しない場合	<ul style="list-style-type: none"> TSW14J59EVM 上の構成スイッチ設定を確認します。 CLK 入力へクロックが正しく接続されており、対応する LED が点滅していることを確認します。 DAC デバイスの内部レジスタが正しく設定されていることを確認します。 LED が点滅していない場合は、DAC 評価基板デバイスを再プログラムしてください。 最後に、TSW14J59EVM 上の「CPU_RESET」ボタンをもう一度押してみてください。 HSDC Pro で「送信(SEND)」ボタンをもう一度クリックしてみてください。
構成 GUI が正しく動作しない場合	<ul style="list-style-type: none"> USB ケーブルが評価基板と PC の両方に正しく接続されていることを確認します。 PC のデバイスマネージャを開き、EVM を接続した際に USB シリアル デバイスが認識されていることを確認します。 GUI 右下の黄色い評価基板ステータス LED が点灯していることを確認します。LED が点灯していない場合は、GUI を再起動し、デバイスを再構成してください。
構成 GUI が評価基板に接続できない場合	<ul style="list-style-type: none"> FTDI の無償ツール FT_PROG を使用し、オンボードの FTDI チップが製品記述 ADC12DJxx00RF で正しくプログラムされていることを確認してください。
DAC 出力が正しくない、歪んでいる、または出力がない場合	<ul style="list-style-type: none"> TSW14J59EVM が USB-C ケーブルで PC に正しく接続されており、ボードのシリアル番号が HSDC ソフトウェアで正しく認識されていることを確認してください。 適切な DAC デバイスモードが選択されていることを確認してください。モードは HSDC Pro と DAC GUI の両方で一致している必要があります。 構成パラメータが正しく設定されていることを確認してください。 機器オプション → フームウェアをダウンロードを選択し、TSW14J59REV_B_DAC_64B66B_FIRMWARE.bit をダウンロードします。その後、再度送信を実行してください。 J13、J17、J14、J18 が正しく実装されていることを確認します。
出力電力が低い場合	<ul style="list-style-type: none"> スペクトラム アナライザが正しい設定になっていることを確認します。 SMA コネクタが DAC 出力およびスペクトラム アナライザに確実に接続されていることを確認してください。 J13、J17、J14、J18 が正しく実装されていることを確認します。

2.5 オプションのクロッキングをサポートするための評価基板のカスタマイズ

TRF1108-DAC39RFEVM は、以下の 3 種類の方法でクロック供給を行うことができます。LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA オプション、EXT->DACCLK | LMX/LMK->FPGA オプションおよび EXT->DACCLK | LMK->FPGA オプション。

2.5.1 LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA オプション(デフォルト)

デフォルトでは、評価基板は LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA クロック オプションを使用するように構成されています。ユーザーは、LMX CLKp とラベル付けされた SMA コネクタに 8~10dBm の単一高周波信号を入力します。この信号は LMX1204 にルーティングされ、バッファされた DACCLK 信号、低周波 DAC SYSREF 信号、FPGA リファレンスクロックおよび FPGA SYSREF 信号を生成します。FPGA リファレンスクロックおよび FPGA SYSREF 信号は、LMK04828 の CLKIN1 および CLKIN0 に入力されます。LMK04828 はクロック分配モードで動作し、FPGA リファレンスクロックおよび FPGA SYSREF 信号の複数のコピー、または分周バージョンを提供します。

評価基板を LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA クロック オプションで使用する場合は、以下の手順でハードウェアを変更します。

1. 以下の手順でハードウェアを変更します。
 - a. C136 および C139 を取り外し、C141 および C142 を実装します。
 - b. C134 および C135 を取り外し、C138 および C140 を実装します。
 - c. C75 および C76 を取り外し、C73 および C74 を実装します。

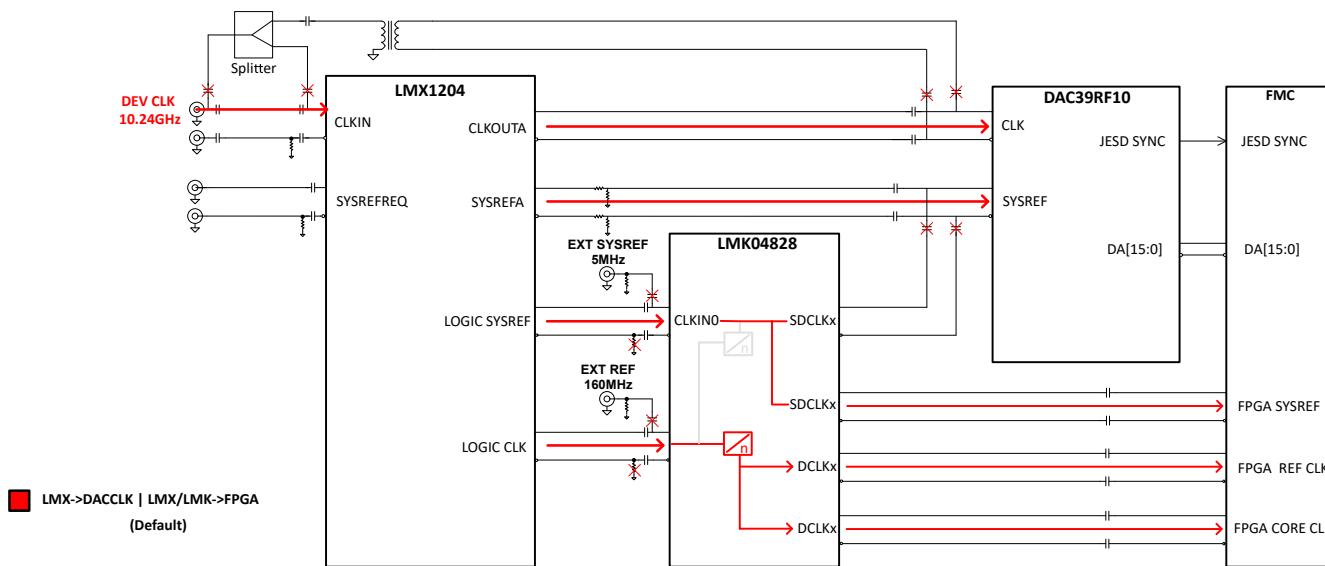


図 2-13. LMX->DACCLK | LMX/LMK->FPGA クロッキング システム ブロック図

2.5.2 EXT->DACCLK | LMX/LMK->FPGA クロックинг オプション

TRF1108-DAC39RFEVM は、EXT->DACCLK | LMX/LMK->FPGA クロックング オプションを使用するように構成できます。上記の使用例と同様に、ユーザーは LMX CLKp とラベル付けされた SMA コネクタに、10~15dBm の单一高周波信号を入力します。この信号はスプリッタを経由して バランおよび LMX1204 にルーティングされます。バランは、シングル エンド信号を差動信号に変換し、DAC のクロックとして使用されます。スプリッタからのもう一方の出力は LMX1204 に入力され、低周波の **DAC SYSREF** 信号、FPGA リファレンス クロック、および **FPGA SYSREF** 信号を生成します。FPGA リファレンス クロックおよび **FPGA SYSREF** 信号は、LMK04828 の CLKIN1 および CLKIN0 に入力されます。LMK04828 はクロック分配モードで動作し、FPGA リファレンス クロックおよび **FPGA SYSREF** 信号の複数のコピーや分周信号を生成します。クロックング オプションのブロック図は [図 2-14](#) に示されています。

評価基板をオンボード クロックング オプションで使用するには、以下の手順で構成します。

- C141 および C142 を取り外し、C136 および C139 を実装します
- C138 および C140 を取り外し、C134 および C135 を実装します
- C75 および C76 を取り外し、C73 および C74 を実装します

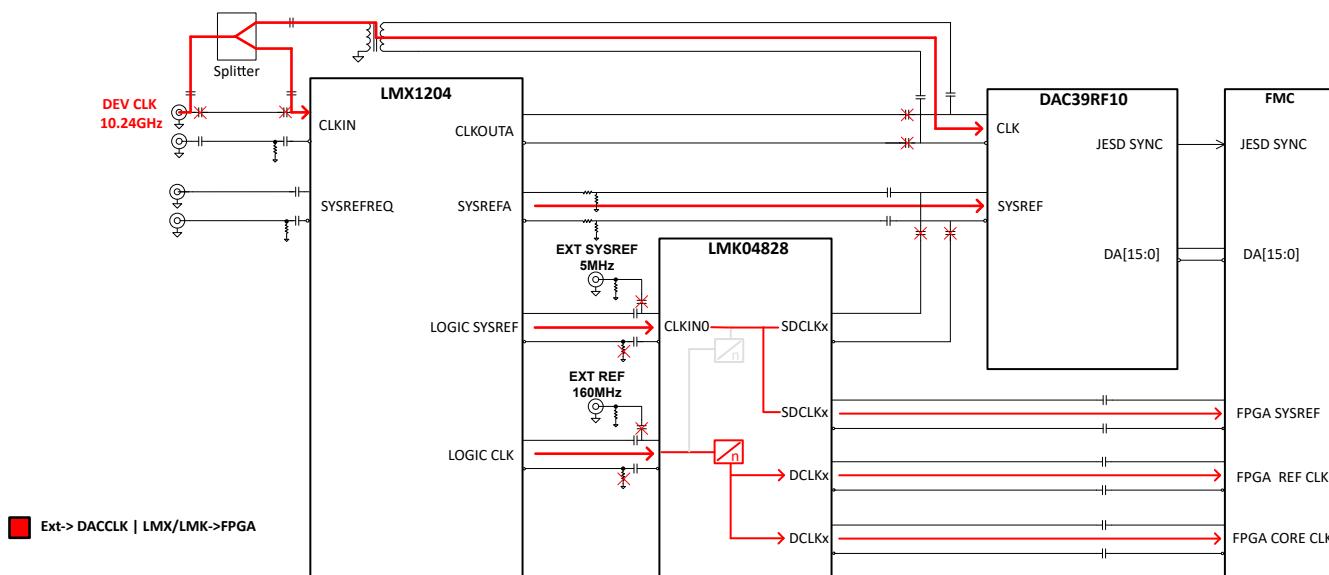


図 2-14. EXT->DACCLK | LMX/LMK->FPGA クロックング システム ブロック図

2.5.3 EXT->DACCLK | LMK->FPGA クロックキング オプション

TRF1108-DAC39RFEVM は、EXT->DACCLK | LMK->FPGA クロックキング オプションを使用するように構成できます。この使用例では、ユーザーは 2 つのクロック信号を入力します。1 つ目は、高周波 (10~15dBm) の信号で、LMX CLKp とラベル付けされた SMA コネクタ に入力されます。この信号はスプリッタを経由して バランおよび LMX1204 にルーティングされます。バランは、シングルエンド信号を差動信号に変換し、DAC のクロックとして使用されます。2 つ目の低周波信号は、LMK04828 の CLKIN1 入力に接続されます。LMK04828 は、低周波の DAC SYSREF 信号、FPGA リファレンスクロック、および FPGA SYSREF 信号を生成します。LMK04828 はクロック分配モードで動作し、FPGA リファレンスクロックおよび FPGA SYSREF 信号の複数のコピー、または分周されたバージョンを出力します。外部リファレンスクロックのオプションを示すブロック図は 図 2-15 に記載されています。

EVM を外部リファレンスクロック オプションで使用する場合は、以下の手順で構成します。

- C141 および C142 を取り外し、C136 および C139 を実装します
- C138 および C140 を取り外し、C134 および C135 を実装します
- C65 および R64 を取り外し、C64 および R66 を実装します
- C73 および C74 を取り外し、C75 および C76 を実装します
- C88 および R69 を取り外し、C83 および R71 を実装します

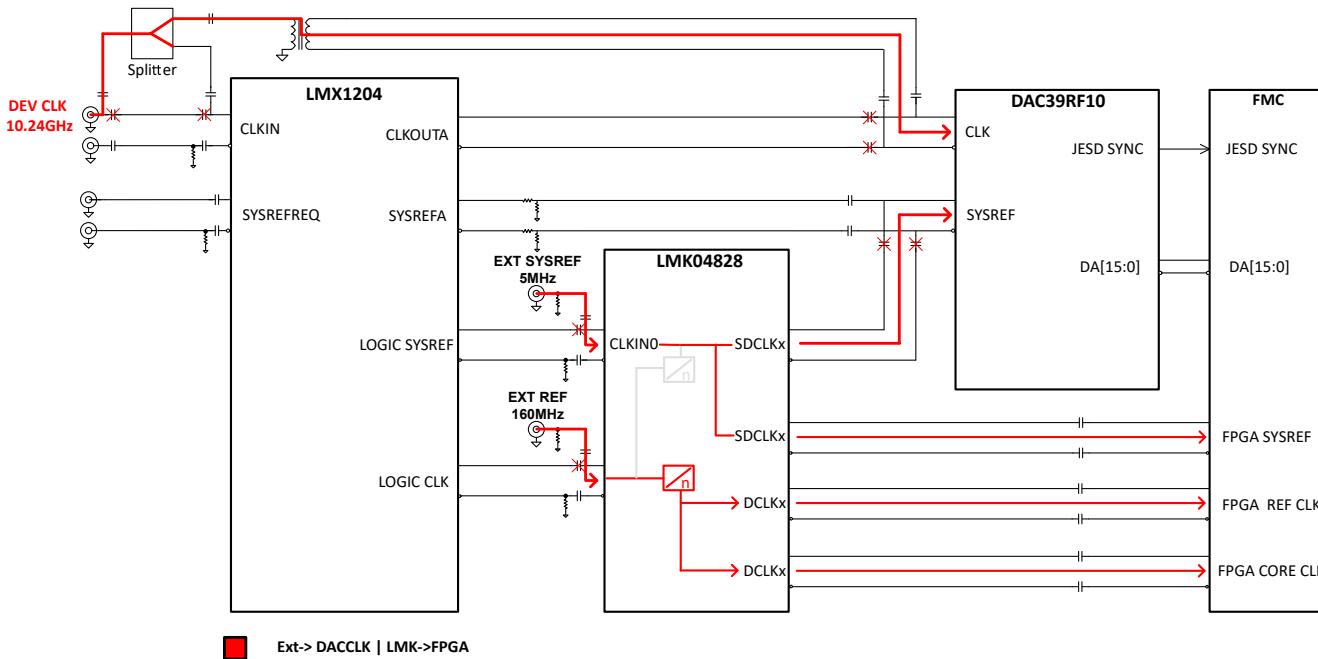


図 2-15. 外部リファレンス クロックキング システム ブロック図です

2.6 信号の配線取り回し

TRF1108-DAC39RFEVM の信号ルーティングの詳細は、表 2-6 に示されています。

表 2-6. TRF1108-DAC39RFEVM 信号ルーティング

JESD204C 入力	FMC(+) Pi	FMC(+) 信号名 ⁽¹⁾
Lane0	A38、A39	DP5_C2M_INV
Lane1	B36、B37	DP6_C2M_INV
Lane2	B32、B33	DP7_C2M_INV
Lane3	A34、A35	DP4_C2M_INV
Lane4	Y30、Y31	DP13_C2M_INV
Lane5	A30、A31	DP3_C2M_INV
Lane6	Z28、Z29	DP12_C2M_INV
Lane7	B28、B29	DP8_C2M_INV
Lane8	Y6、Y7	DP21_C2M_INV
Lane9	C2、C3	DP0_C2M_INV
Lane10	Z8、Z9	DP20_C2M_INV
Lane11	A22、A23	DP1_C2M_INV
Lane12	Z24、Z25	DP10_C2M_INV
Lane13	B25、B26	DP9_C2M_INV
Lane14	Y26、Y27	DP11_C2M_INV
Lane15	A26、A27	DP2_C2M_INV

(1) 信号名に _INV が付いた赤色項目は、標準的な FMC 極性に対して反転しています。

2.7 ジャンパおよび LED

表 2-7 に、ジャンパ設定を示します。表 2-8 に、LED の機能を示します。

表 2-7. ジャンパ設定

ラベル	説明	機能
J12	SPI 信号のソースを選択します	未実装 (デフォルト): EVM 上の各デバイスへの SPI 信号は FTDI ドングル ボードによって制御されます。インストール済み: FMC+コネクタからの SPI 信号は評価基板上のデバイスを制御します (この機能は次期リビジョンのボードでサポートされます)。
J13	TRF1108 CHA のパワー ダウン	実装済み (デフォルト): TRF1108 のパワーダウン ピンを Low に引き下げ、アンプを有効にします。
J14	TRF1108 CHA のテスト ピン	実装済み (デフォルト): テスト ピンを Low に引き下げます。
J16	TRF1108 アンプ用外部電源接続	未実装 (デフォルト): TRF1108 アンプのデバッグ目的での電源レールへの接続です。
J17	TRF1108 CHB のパワー ダウン	実装済み (デフォルト): TRF1108 のパワーダウン ピンを Low に引き下げ、アンプを有効にします。
J18	TRF1108 CHB のテスト ピン	実装済み (デフォルト): テスト ピンを Low に引き下げます。

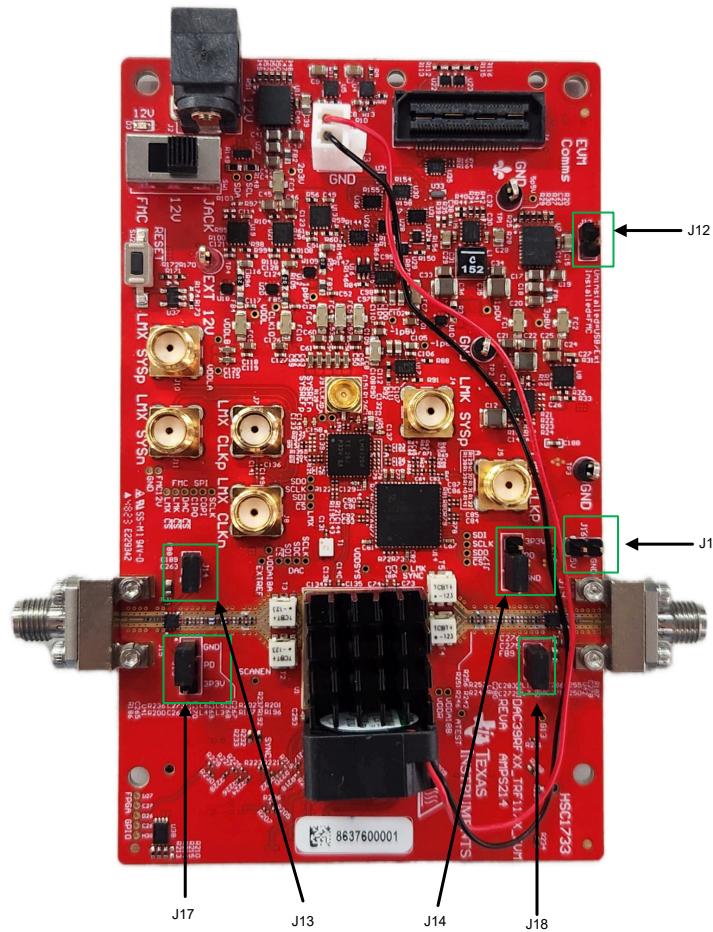


図 2-16. ジャンパ位置

表 2-8. LED

ラベル	機能
D3	12V 電源インジケータ

3 ハードウェア設計ファイル

3.1 回路図

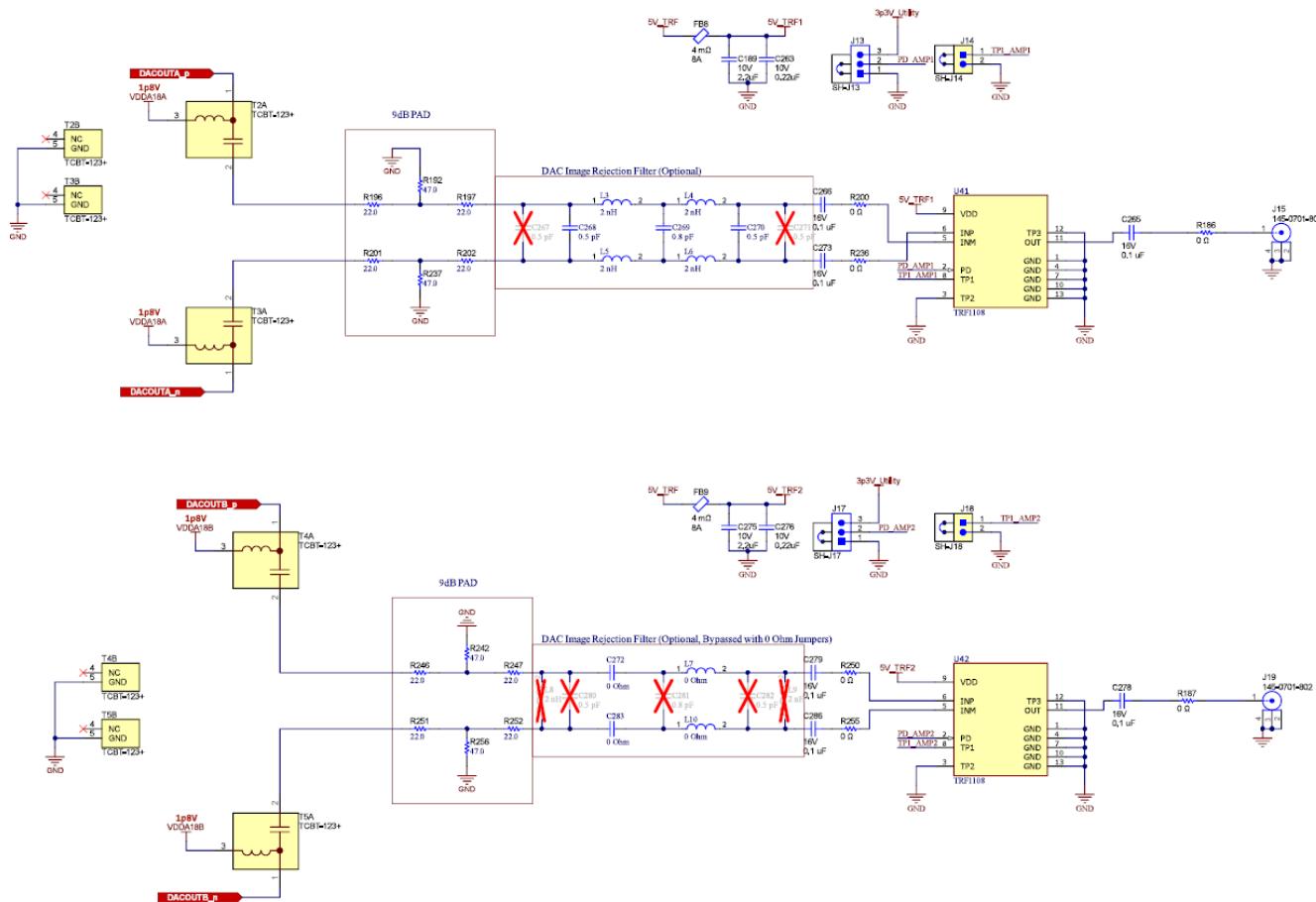


図 3-1. アナログ出力バス回路図

TRF1108 の入力部と DAC の間には、約 8dB に相当するアッテネーション パッドが追加されています。この 8dB パッドは、周波数応答のフラットネスを改善するとともに、アンプの飽和を防止する役割を果たします。

3.2 PCB のレイアウト

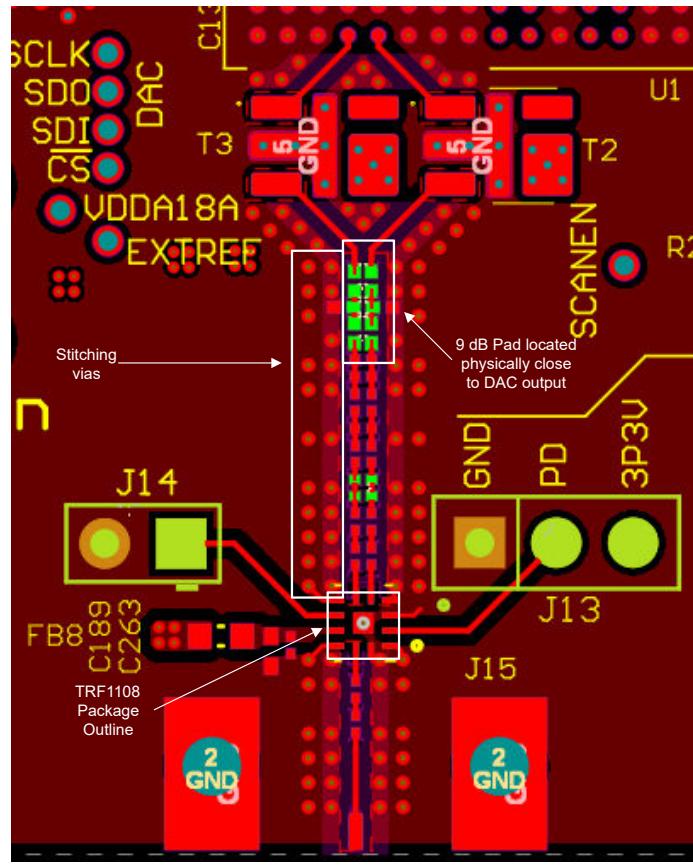


図 3-2. レイアウトに関する推奨事項

高周波ボードは、実装において特有の課題を伴います。DAC39RF10 は、最大サンプリング レート 20.48GSPS を実現しています。したがって、このデバイスの第 1 ナイキスト周波数は 10.24GHz です。この設計をレイアウトする際には、十分な注意を払う必要があります。

TRF1108-DAC39RFEVMにおいては、アナログ フロントエンドがその一例です。まず、配線幅およびトップ グランド プレーンまでの距離を慎重に設定し、 50Ω 伝送ラインとなるように設計する必要があります。また、トップ グランド プレーンと隣接するグランド プレーンを接続するために、スティッヂ ビアを $1/8$ 波長未満の間隔で配置することが推奨されます。さらに、9dB パッドは物理的に可能な限り DAC 出力に近い位置に配置されています。

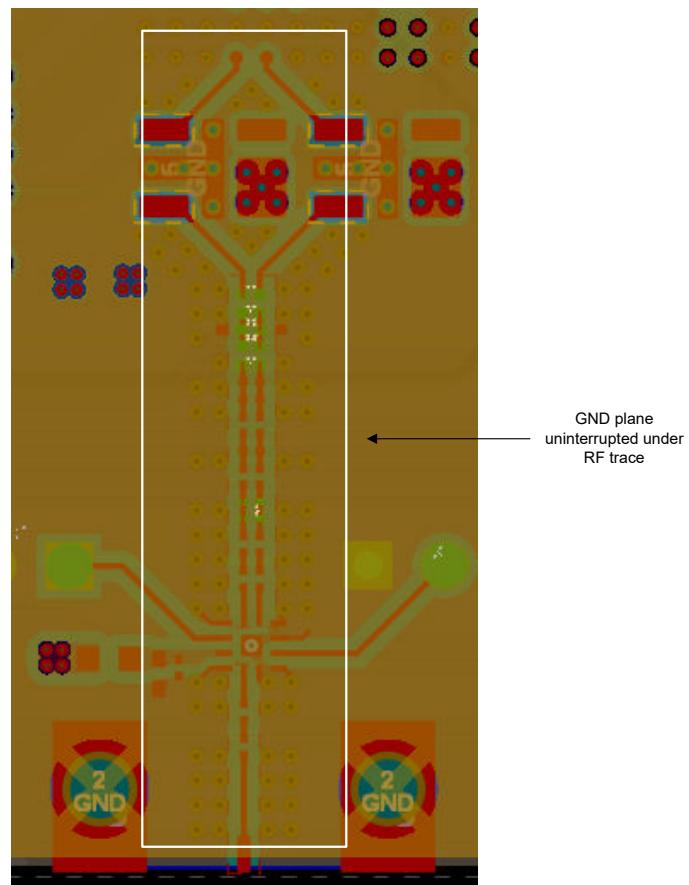


図 3-3. RF グランド プレーン

トップ層に隣接するグランド プレーンは、RF トレースの直下で途切れることなく連続しています。これにより、不要なインダクタンスを防ぎ、RF トレースのインピーダンスが乱れるのを防止します。

Layer	Name	Material	Thickness	Constant	Board Layer Stack
	Top Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	0.40mil	3.5	
1	Top Layer		1.40mil		
	Dielectric 1	Megtron6	4.90mil	3.34	
2	L2 GND1	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 2	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
3	L3 PWR1	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 3	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
4	L4 GND2	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 4	FR4-370HR	3.00mil	3.86	
5	L5 PWR2	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 5	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
6	L6 GND3	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 6	FR4-370HR	3.00mil	3.86	
7	L7 Ctrl Signal 1	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 8	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
	Dielectric 7	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
8	L8 GND4	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 9	FR4-370HR	6.00mil	3.86	
9	L9 GND5	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 11	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
	Dielectric 10	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
10	L10 Ctrl Signal 2	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 12	FR4-370HR	3.00mil	3.86	
11	L11 GND6	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 13	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
12	L12 PWR3	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 14	FR4-370HR	3.00mil	3.86	
13	L13 GND7	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 15	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
14	L14 PWR4	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 16	FR4-370HR	3.00mil	3.72	
15	L15 GND8	CF-004	1.40mil		
	Dielectric 17	Megtron6	4.90mil	3.34	
16	Bottom Layer		1.40mil		
	Bottom Solder	Solder Resist	0.40mil	3.5	
	Bottom Overlay				

Total board thickness: 81.00mil

図 3-4. 層のスタックアップ

層構成 (レイヤー スタックアップ) は、特に RF 層と RF グランド層の間の誘電体において、誘電率を制御するために最適化する必要があります。本設計では、誘電率を高精度に制御できる Panasonic Megtron 6 (誘電率 3.6) が選定されています。

さらに、RF トレース上およびその直近部分のソルダ マスク層は省略されています。これは、ソルダ マスク層がしばしば制御されていない物性を持ち、高周波ライン上に直接配置すると特性が不安定になるため、一般的に推奨されないためです。

3.3 部品表 (BOM)

表 3-1. 部品表

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
C1	1	1μF	CAP、CERM、1μF、50V、±10%、X7R、0805	C0805C105K5RAC7800	Kemet	0805
C2、C3	2	1μF	CAP CER 1μF 50V X7R 0805	C2012X7R1H105K125AB	TDK 株式会社	0805
C4、C37、C48、 C67、C68、C69、 C70、C71、C72、 C77、C78、C79、 C80、C81、C82、 C95、C96、C113、 C122、C159、C160、 C161、C162、C163、 C164、C165、C166、 C167、C168、C169、 C170、C171、C172、 C262	34	0.1μF	CAP、CERM、0.1μF、25V、±10%、X5R、0402	GRM155R61E104KA87D	Murata (村田製作所)	0402
C5、C6	2	0.001μF	CAP CER 1000PF 50V X7R 0603	CGA3E2X7R1H102K080AA	TDK 株式会社	0603
C7、C9、C15、C28、 C29、C39、C174	7	10μF	CAP CER 10UF 25V X5R 0805	KGM21AR51E106KU	京セラ AVX	0805
C8、C10、C26	3	4.7μF	CAP CER 4.7UF 10V X5R 0402	C1005X5R1A475K050BE	TDK 株式会社	0402
C11、C12、C35、C36	4	47μF	CAP CER 47UF 16V X5R 1210	1210YD476KAT2A	京セラ AVX	1210
C13、C14、C27、 C146	4	0.01μF	CAP CER 10000PF 10V X7R 0402	KGM05AR71A103MH	京セラ AVX	0402
C16、C40、C175	3	2200pF	CAP CER 2200PF 25V X7R 0402	KGM05AR71E222JH	京セラ AVX	0402
C17、C18、C19、 C20、C21、C22、 C24、C25、C33、 C34、C41、C42、 C43、C44、C45、 C46、C176、C177、 C178、C179	20	22 μF	CAP CER 22UF 10V X7S 0805	C2012X7S1A226M125AC	TDK 株式会社	0805
C23、C47、C180	3	0.022 μF	CAP CER 0.022UF 25V X7R 0402	CGA2B2X7R1E223M050BA	TDK 株式会社	0402
C30、C31	2	0.1μF	CAP CER 0.1UF 25V X5R 0402	KGM05AR51E104KH	京セラ AVX	0402

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
C32, C65, C66, C73, C74, C84, C85, C86, C87, C88, C89, C90, C91, C92, C93, C131, C138, C140, C141, C142, C143, C144, C148, C149, C150, C151, C152, C153, C155, C156, C157, C173, C190, C191, C192, C193, C194, C195, C196, C197, C198, C199, C200, C201, C202, C203, C204, C205, C206, C207, C208, C209, C210, C211, C212, C213, C214, C215, C216, C217, C218, C219, C220, C221, C222, C223, C224, C225, C226, C227, C228, C229, C230, C231, C232, C233, C234, C235, C236, C237, C238, C240, C241, C242, C243, C244, C246, C247, C249, C251, C256, C257, C258, C259, C260, C261, C265, C266, C273, C278, C279, C286	102	0.1μF	広帯域コンデンサ	0201BB104KW160	Passive Plus	0201
C38, C98, C106	3	2.2μF	CAP CER 2.2UF 10V X5R 0402	C1005X5R1A225K050BC	TDK 株式会社	0402
C49, C114, C123	3	0.1μF	CAP CER 0.1UF 6.3V X5R 0402	04026D104KAT4A	京セラ AVX	0402

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
C50、C55、C59、 C62、C63、C115、 C120	7	1μF	CAP FEEDTHRU 1UF 20% 6.3V 0603	NFM18PC105R0J3D	Murata Electronics	0603
C51、C97、C100、 C104、C105、C108、 C112、C116、C124、 C147	10	10μF	CAP CER 10UF 10V X5R 0603	0603ZD106KAT2A	京セラ AVX	0603
C52、C56、C117、 C121、C125、C128	6	1μF	CAP CER 1μF 25V X5R 0402	C1005X5R1E105K050BC	TDK 株式会社	0402
C53、C57、C60、 C101、C109、C118、 C126	7	10μF	CAP CER 10UF 25V X5R 0603	GRM188R61E106KA73J	Murata (村田製作所)	0603
C54、C58、C61、 C102、C110、C119、 C127	7	0.1μF	CAP CER 0.1UF 25V X7R 0402	GRT155R71E104KE01J	Murata (村田製作所)	0402
C94	1	10μF	CAP CER 10UF 10V X5R 0603	C1608X5R1A106K080AC	TDK 株式会社	0603
C99、C103、C107、 C111	4	1μF	CAP CER 1μF 10V X5R 0201	GRM033R61A105ME44D	Murata Electronics	0201
C129、C132、C133、 C137、C145、C252、 C253、C254、C255	9	0.47μF	CAP FEEDTHRU 0.47UF 6.3V 0402	NFM15PC474R0J3D	Murata (村田製作所)	0402
C154、C158	2	100pF	CAP CER SMD	KGM03AR71H101KH	京セラ AVX	0201
C181、C184、C186、 C264	4	22μF	CAP、CERM、22μF、10V、±20%、X5R、0603	CL10A226MP8NUNE	Samsung Electro-Mechanics	0603
C182、C185、C187、 C189、C274、C275	6	2.2μF	CAP、CERM、2.2μF、10V、±10%、X7S、0402	C1005X7S1A225K050BC	TDK	0402
C183、C188	2	0.01μF	CAP、CERM、0.01μF、16V、±10%、X7R、0402	C0402C103K4RACTU	Kemet	0402
C263、C276	2	0.22μF	CAP、CERM、0.22μF、10V、±20%、X5R、0201	LMK063BJ224MP-F	Taiyo Yuden	0201
C268、C270	2		02013J0R5PBSTR\500	02013J0R5PBSTR\500	AVX Interconnect / Elco	
C269	1		02015J0R8PBSTR	02015J0R8PBSTR	AVX Interconnect / Elco	
C272、C283	2		0Ω ジャンパ	P15979CT-ND	Panasonic Electronic Components	

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
D1	1	30V	ダイオード、ショットキー、30V、1A、SOD-123	MBR130T1G	ON Semiconductor	SOD-123
D2	1	15V	ダイオード、TVS、Bi、15V、24.4Vc、SMB	SMBJ15CA-13-F	Diodes Incorporated	SMB
D3	1		緑色 LED クリアチップ SMD	LTST-C191TGKT	Lite-On Inc.	-
FB1、FB2、FB6、 FB7、FB8、FB9、 FB10	7	-	100MHzにおいて8.5Ω、1電源ラインフェライト ビーズ 0603 (1608 メトリック)、8A、4mΩ	BLE18PS080SN1D	Murata (村田製作所)	0603
FB3、FB4、FB5	3	-	フェライトビーズ 30Ω 0603 1LN	BLM18PG300SN1D	Murata Electronics	0603
FC1、FC2、FC3、 FC4、FC5、FC6、 FC7、FC8、FC9、 FC10、FC12、FC13	12	27μF	フィードスルー コンデンサ 27μF	NFM31PC276B0J3L	Murata (村田製作所)	1206
H1、H2	2		ナベ小ねじ、十字ねじ 4-40	PMSSS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply	-
H3、H4	2		六角スタンドオフねじ #4-40 ステンレススチール 1.250 インチ (31.75mm) 1 1/4	2069-440-SS	RAF Electronic Hardware	-
J1	1		コネクタ、1.27mm、40x10、黒色、SMT	ASP-184330-01	Samtec	-
J2	1		電源ジャック、ミニ、外径 2.1mm、R/A、TH	RAPC722X	Switchcraft	-
J3	1		ヘッダ、2.54mm、2x1、垂直、TH	22232021	Molex	-
J4、J5、J7、J8、J10、 J11	6		SMA コネクタ ジャック、メス ソケット 50Ω、表面実 装、スルー ホールはんだタイプ	132134-15	Amphenol RF	-
J6	1		FTDI ドングル評価基板用 メイティング コネクタおよびスタンドオフ ホール	QSH-030-01-L-D-A	Samtec	-
J9	1		SMP コネクタ プラグ、オス ピン 50Ω、表面実装 はんだタイプ	853050232	Molex	-
J12、J14、J16、J18	4		ヘッダ、100mil、2x1、金、TH	PBC02SAAN	Sullins Connector Solutions	-
J13、J17	2		ヘッダ、100mil、3x1、金、TH	TSW-103-07-G-S	Samtec	3x1 ヘッダー
J15、J19	2		50Ω ジャック、SMT	145-0701-802	Cinch の接続	50Ω ジャック、SMT
L1	1	1.5μH	固定インダクタ 1.5μH 11.1A 14.3mΩ	XGL4020-152MEC	COILCRAFT	XGL4020
L3、L4、L5、L6	4		フィルム タイプ RF インダクタ 2nH ±0.05nH 600mA 0.12Ω 0201 (0603)。 LQP03HQ2N0W02D	LQP03HQ2N0W02D	Murata Electronics、 [NoParam]	

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
L7、L10	2		フィルム タイプ RF インダクタ 2nH ± 0.05 nH 600mA 0.12Ω 0201 (0603)。 LQP03HQ2N0W02D	P15979CT-ND		
LBL1	1		熱転写プリンタブル ラベル、幅 0.650 インチ x 高さ 0.200 インチ、ロールあたり 10,000	THT-14-423-10	Brady	-
Logo1	1		FDL	FDL	-	-
MP1	1		ヒートシンク パッシブ BGA ストレート 接着タイプ 9.3°C/W 黒色アルマイト仕上げ	ATS-54170R-C1-R0	Advanced Thermal Solutions	-
MP2、MP4	2		コネクタ 22-30AWG クリップ TIN	8500113	Molex	-
MP3	1		コネクタ RCPT HSG 2 極 2.54mm	22013027	Molex	-
MP5	1		ファン チューブアキシャル 5VDC 正方形 - 長さ 17mm x 高さ 17mm スリーブタイプ 0.636 CFM (0.018m³/分) 2 本リード線	F17HA-05HC	Nidec Copal	-
MP6、MP7	2		ナベ小ねじ、十字ねじ 2-56、0.5 インチ	PMSSS 256 0050 PH	B&F Fastener Supply	-
Q1	1	20V	MOSFET、N-CH、20V、10A、DQK0006C (WSON-6)	CSD15571Q2	テキサス・インスツルメンツ	DQK0006C
R1、R36、R57	3	2mΩ	シャント抵抗器、0603、0.002Ω $\pm 1\%$	CSS0603FT2L00	Stackpole Electronics Inc	0603
R2	1	1MΩ	RES SMD 1MΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF1004X	Panasonic Electronic Components	0402
R3	1	45.3kΩ	RES SMD 45.3kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF4532X	Panasonic Electronic Components	0402
R5	1	2.2kΩ	RES SMD 2.2kΩ 1% 1/8W 0805	ERJ-6ENF2201V	Panasonic Electronic Components	0805
R6	1	0 Ω	RES 0Ω ジャンパ 1206 SMD	RCA12060000ZSEA	Vishay Dale	1206

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
R8、R9、R11、R15、 R17、R20、R25、 R31、R34、R35、 R48、R49、R84、 R86、R88、R91、 R111、R112、 R114、R115、 R150、R151、 R156、R161、 R163、R178、 R183、R189、 R213、R214、R215	31	4.7kΩ	RES SMD 4.7kΩ 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ472X	Panasonic Electronic Components	0402
R10	1	2MΩ	RES SMD 2MΩ 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ205X	Panasonic Electronic Components	0402
R12	1	3.6MΩ	RES SMD 3.6MΩ 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ365X	Panasonic Electronic Components	0402
R13、R14	2	1.2MΩ	RES SMD 1.2MΩ 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ125X	Panasonic Electronic Components	0402
R18、R37、R38、 R54、R55、R93、 R94、R101、R102、 R107、R113、R116、 R172、R173、R204	15	0 Ω	RES SMD 0Ω ジャンパ 1/10W 0402	ERJ-2GE0R00X	Panasonic Electronic Components	0402

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
R19、R24、R46、 R63、R65、R68、 R70、R119、R120、 R121、R133、R136、 R142、R143、R144、 R145、R147、R152、 R153、R154、R155、 R158、R160、R162、 R164、R165、R166、 R167、R169、R175、 R186、R187、R200、 R205、R206、R207、 R209、R211、R212、 R216、R217、R222、 R223、R224、R225、 R226、R227、R228、 R229、R230、R231、 R236、R250、R255	54	0 Ω	RES SMD 0Ω ジャンパ 1/20W 0201	ERJ-1GN0R00C	Panasonic Electronic Components	0201
R27、R29、R182	3	18.2kΩ	RES SMD 18.2kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF1822X	Panasonic Electronic Components	0402
R30、R41、R53、 R180	4	4.87kΩ	RES SMD 4.87kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF4871X	Panasonic Electronic Components	0402
R32	1	30.9kΩ	RES SMD 30.9kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF3092X	Panasonic Electronic Components	0402
R33、R40、R44、 R45、R47、R56、 R82、R83、R95、 R104	10	10kΩ	RES 10kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-H2RF1002X	Panasonic Electronic Components	0402
R42	1	17.4kΩ	RES SMD 17.4kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF1742X	Panasonic Electronic Components	0402
R50	1	9.31kΩ	RES SMD 9.31kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF9311X	Panasonic Electronic Components	0402
R52	1	52.3kΩ	RES SMD 52.3kΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF5232X	Panasonic Electronic Components	0402

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
R59	1	88.7kΩ	RES SMD 88.7KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF8872X	Panasonic Electronic Components	0402
R60	1	12.4kΩ	RES SMD 12.4KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF1242X	Panasonic Electronic Components	0402
R61	1	12kΩ	RES 12KΩ 0.5% 1/10W 0402 SMD	ERJ-U2RD1202X	Panasonic Electronic Components	0402
R62、R67、R125、R126	4	49.9 Ω	RES SMD 49.9Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF49R9C	Panasonic Electronic Components	0201
R64、R69、R123、R128	4	100 Ω	RES SMD 100Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF1000C	Panasonic Electronic Components	0201
R72、R73、R74、R75、R76、R77、R78、R79、R80、R81	10	120 Ω	RES SMD 120Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF1200C	Panasonic Electronic Components	0201
R85、R90	2	255kΩ	RES SMD 255KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF2553X	Panasonic Electronic Components	0402
R87、R92	2	499kΩ	RES SMD 499KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF4993X	Panasonic Electronic Components	0402
R96、R105	2	20mΩ	RES シヤント、0603、0.02Ω、1%、0	CSS0603FT20L0	Stackpole Electronics Inc	0603
R98、R108	2	115kΩ	RES SMD 115KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF1153X	Panasonic Electronic Components	0402
R99、R109	2	33kΩ	RES SMD 33KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF3302X	Panasonic Electronic Components	0402
R100、R110	2	6.65kΩ	RES SMD 6.65KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF6651X	Panasonic Electronic Components	0402
R148、R149	2	2.2kΩ	RES SMD 2.2KΩ 5% 1/10W 0603	ERJ-3GEYJ222V	Panasonic Electronic Components	0603
R170	1	100kΩ	RES SMD 100KΩ 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ104X	Panasonic Electronic Components	0402
R176	1	1kΩ	RES SMD 1KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF1001X	Panasonic Electronic Components	0402
R177	1	3.6kΩ	RES SMD 3.6KΩ 1% 1/10W 0402	ERJ-2RKF3601X	Panasonic Electronic Components	0402

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
R179	1	28.7k	RES, 28.7 k, 1%, 0.063 W, AEC-Q200 グレード 0, 0402	CRCW040228K7FKED	Vishay-Dale	0402
R184	1	10.5k	RES, 10.5 k, 1%, 0.1 W, 0603	RC0603FR-0710K5L	Yageo	0603
R185	1	2.00k	RES, 2.00 k, 1%, 0.1 W, 0603	RC0603FR-072KL	Yageo	0603
R192, R237, R242, R256	4	47	RES, 47.0, 1%, 0.05W, 0201	ERJ-U01F47R0C	Panasonic Electronic Components	0201
R196, R197, R201, R202, R246, R247, R251, R252	8	22	RES, 22.0, 1%, 0.05W, 0201	ERJ-U01F22R0C	Panasonic Electronic Components	0201
R208, R232, R233, R234	4	100 Ω	RES SMD 100Ω 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ101X	Panasonic Electronic Components	0402
SH-J13, SH-J14, SH-J17, SH-J18	4		シャント、2.54mm、金、黒	60900213421	Würth Elektronik	シャント、2.54mm、黒
SW1	1		スライドスイッチ SPDT 120V 6A	1101M2S3CGE2	C&K 部品	-
SW2	1		スイッチ、触感、SPST-NO 0.05A, 24V	FSMSM	TE の接続	-
T1	1		1:2 LTCC トランジス 4700 - 12000MHz 50Ω	NCR2-123+	Mini-Circuits	-
T2, T3, T4, T5	4		信号調整用バイアスディオ表面実装タイプ	TCBT-123+	Mini-Circuits	-
TP1, TP2, TP3	3		テストポイント、多目的、黒色、TH	5011	Keystone	-
TP4	1		テストポイント、多目的、赤色、TH	5010	Keystone	-
U1	1			DAC39RF10ACK	テキサス・インスツルメンツ	
U2	1		12V 5A 30mΩ eFuse 可変 ±15% 精度電流制限 DRC0010J (VSON-10)	TPS259261DRC	テキサス・インスツルメンツ	VSON-10
U3, U10, U12, U18, U20	5		28V、16 ビット、I2C 出力電流 / 電圧 / 電力モニタ、アラート搭載、WCSP パッケージ	INA231AIYFFR	テキサス・インスツルメンツ	WCSP
U4, U5	2		300mA、18V、超低 IQ、パワーグッド機能付き低ドロップアウトリニア電圧レギュレータ	TPS7A2501DRV	テキサス・インスツルメンツ	WSON
U6	1		2A 低 VIN (1.1V) 低ノイズ 高精度 超低ドロップアウトパワーグッド機能付き電圧レギュレータ	TPS7A8300ARGR	テキサス・インスツルメンツ	VQFN-20

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
U7、U11	2		3V～17V、2A/3A、低ノイズ、低リップルの降圧電源 モジュール、フェライト ビーズ フィルタ補償機能内蔵	TPSM82913RDU	テキサス・インスツルメンツ	モジュール
U8	1		1A 高 PSRR、超低ドロップアウト、低 IQ、インペーブル機能付き電圧レギュレータ	TPS7A8001DRB	テキサス・インスツルメンツ	VSON-8
U9	1		4V～18V 入力、6A 同期整流 SWIFT™ 降圧コンバータ、内部補償型高度電流モード制御付き	TPS543620R PYR	テキサス・インスツルメンツ	VQFN-14
U13、U19、U21	3		1A、超低ノイズ、超高 PSRR、RF 電圧レギュレータ	TPS7A9401DSC	テキサス・インスツルメンツ	WSON-10
U14	1		2370～2630MHz の VCO0 内蔵、超低ノイズ、JESD204B 準拠クロック ジッタクリーナ	LMK04828BISQ/NOPB	テキサス・インスツルメンツ	WQGN
U15、U17	2		低ノイズ、正 / 負出力のチャージ ポンプ、LDO 内蔵	LM27762DSS	テキサス・インスツルメンツ	WSON-10
U16	1		シングル バス反転バッファ ゲート	SN74AUP1G04DCK	テキサス・インスツルメンツ	SC70
U22、U23、U29、 U32、U34	5		シングル バス バッファ ゲート、3 ステート出力	SN74AUP1G125DRL	テキサス・インスツルメンツ	SOT-5
U24	1		信号調整用 50Ω 2 端子 パワース プリッタ	PS1608GT2-R50-T1	Susumu	-
U25	1		高周波 SYSREF バッファ / マルチプライヤ / デバイダ	LMX1204RHAT	テキサス・インスツルメンツ	SOT-23
U26、U30、U35	3		電圧レベル:4 ビット デュアル電源バストランシーバ (3 ステート出力、独立した方向制御入力付き)	SN74AVC4T774RSV	テキサス・インスツルメンツ	UQFN-16
U27	1		5V 低リーク電流 2:1、2 チャンネル 高精度アナログ スイッチ	TMUX1136DQA	テキサス・インスツルメンツ	USON-10
U28、U31、U36	3		低電圧 4 ビット 1/2 FET マルチブレクサ / デマルチブレクサ	SN74CBTLV3257RSV	テキサス・インスツルメンツ	UQFN
U33	1		2 ビット デュアル電源 バストランシーバ、構成可能な電圧変換、3 ステート出力	SN74AVC2T45YZPR	テキサス・インスツルメンツ	DSBGA-8
U37	1		手動リセット機能搭載、プッシュプル、電源電圧スイーパーバイザ	TPS3125J18DBV	テキサス・インスツルメンツ	SOT-23
U38	1		EEPROM 64K (8K×8) 1.8V シリアル EE 産業用 1/4AWP RPO	24LC64FT-I/MNY	マイクロチップ	TDFN-8

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
U39	1		3V~17V、2A、低ノイズ、低リップルの降圧コンバータ モジュール、フェライトビーズ フィルタ補償機能内蔵	TPSM82912RDUR	テキサス・インスツルメンツ	B0QFN28
U40	1		2A 高精度 低ノイズ 低ドロップアウト (LDO) 電圧レギュレータ、DSK0010A (WSON-10) パッケージ	TPS7A9201DSKR	テキサス・インスツルメンツ	DSK0010A
U41、U42	1		非常に高性能な差動-シングルエンド (D2S) アンプで、無線周波数 (RF) アプリケーション用に最適化されています。	TRF1108RPVR	テキサス・インスツルメンツ	WQFN-FCRLF12
C64、C75、C76、 C83、C130、C134、 C135、C136、C139、 C239、C245、C248、 C250	0	0.1 μ F	広帯域コンデンサ	0201BB104KW160	Passive Plus	0201
C267、C271	0		02013J0R5PBSTR\500	02013J0R5PBSTR\500	AVX Interconnect / Elco	
C280、C282	0		02013J0R5PBSTR\500		AVX Interconnect / Elco	
C281	0		02015J0R8PBSTR	02015J0R8PBSTR	AVX Interconnect / Elco	
F1	0		基板実装ヒューズ 2.5A 32VDC 1206	SF-1206FP250-2	Bourns Inc.	1206
FC11、FC14	0	27 μ F	フィードスルー コンデンサ 27 μ F	NFM31PC276B0J3L	Murata (村田製作所)	1206
L8、L9	0		フィルム タイプ RF インダクタ 2nH \pm 0.05nH 600mA 0.12 Ω 0201 (0603) LQP03HQ2N0W02D	LQP03HQ2N0W02D		
R4、R28、R39、 R51、R58、R89、 R97、R106、R181、 R210	0	4.7k Ω	RES SMD 4.7k Ω 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ472X	Panasonic Electronic Components	0402
R7	0	0 Ω	RES 0 Ω ジャンパ 1206 SMD	RCA12060000ZSEA	Vishay Dale	1206
R16	0	100k Ω	RES SMD 100k Ω 5% 1/10W 0402	ERJ-2GEJ104X	Panasonic Electronic Components	0402

表 3-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	部品番号	メーカー	パッケージ記号
R21, R22, R23, R26, R124, R146, R157, R159, R168, R218, R219, R220, R221	0	0 Ω	RES SMD 0Ω ジャンパ 1/20W 0201	ERJ-1GN0R00C	Panasonic Electronic Components	0201
R43, R103, R171, R174	0	0 Ω	RES SMD 0Ω ジャンパ 1/10W 0402	ERJ-2GE0R00X	Panasonic Electronic Components	0402
R66, R71, R129, R130, R131, R132, R138, R139, R140, R141	0	49.9 Ω	RES SMD 49.9Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF49R9C	Panasonic Electronic Components	0201
R117, R118	0	66.5 Ω	RES SMD 66.5Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF66R5C	Panasonic Electronic Components	0201
R122	0	100 Ω	RES SMD 100Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF1000C	Panasonic Electronic Components	0201
R127, R135	0	82.5 Ω	RES SMD 82.5Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF82R5C	Panasonic Electronic Components	0201
R134, R137	0	130 Ω	RES SMD 130Ω 1% 1/20W 0201	ERJ-1GNF1300C	Panasonic Electronic Components	0201

4 追加情報

4.1 商標

SWIFT™ is a trademark of Texas Instruments.

USB Type-C® and USB-C® are registered trademarks of USB Implementers Forum.

Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.

Rohde & Schwarz® is a registered trademark of Rohde & Schwarz GmbH & Co.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

5 参考資料

このセクションでは、技術ドキュメントおよびユーザー ガイドへの参照情報を提供します。

5.1 テクニカル リファレンス ドキュメント

- テキサス・インスツルメンツ、「[DAC39RF10、DAC39RFS10 10.24、20.48 GSPS、16 ビット、デュアルおよびシングル チャネル、JESD204B、C インターフェイスを備えたマルチナイキスト デジタル-アナログ コンバータ \(DAC\)](#)」、データシート
- テキサス・インスツルメンツ、「[TRF1108 DC～12GHz 帯域幅、差動-シングルエンド RF アンプ](#)」、データシート
- テキサス・インスツルメンツ、「[TSW14J59EVM JESD204C データキャプチャおよびパターン ジェネレータカード](#)」ユーザー ガイド
- テキサス・インスツルメンツ、「[高速データコンバータ Pro GUI](#)」、ユーザー ガイド (ソフトウェアのヘルプ メニュー内で利用可能)
- テキサス・インスツルメンツ、「[LMK0482x 超低ノイズ、JESD204B 準拠のクロック ジッタ クリーナ、デュアル ループ PLL 搭載](#)」、データシート
- テキサス・インスツルメンツ、「[LMX1204 低ノイズ・高周波 JESD バッファ / マルチプライヤ / ディバイダ](#)」、データシートです。
- FTDI チップ、[FTDI USB-シリアルドライバ インストール マニュアル](#)

5.2 TSW14J59EVM の動作

構成およびステータス情報については、「[高速データコンバータ Pro GUI ユーザー ガイド](#)」を参照してください。

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 A (January 2025) to Revision B (October 2025)	Page
文書全体のつづりと参照箇所を修正しました。.....	1
12V DC 電源用コネクタ ジャックの参照番号を J1 から J2 に変更しました。.....	6

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ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テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または ti.com やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, 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默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したもので、(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月