

# Application Note

## CC35xxE 製造ガイド



### 概要

テキサス インスツルメンツは、デバイスの機能と性能を迅速に検証できるよう、多くのリソースを提供しています。このドキュメントには、製造ラインで CC35xxE デバイスを使用して製品のテストおよびフラッシュ書き込みを行うために必要な情報が記載されています。

### 目次

<b>1 概要</b> .....	<b>2</b>
1.1 製造ラインの概要.....	2
1.2 製造ライン タイプ.....	2
1.3 SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックス.....	3
<b>2 製造ラインにおけるハードウェア セットアップ</b> .....	<b>4</b>
<b>3 製造ライン テスト</b> .....	<b>7</b>
3.1 xSPI メモリ接続テスト.....	7
3.2 I/O の断線および短絡テスト.....	7
3.3 RF テスト.....	7
<b>4 アクティベーションおよびワンタイム プログラミング (OTP)</b> .....	<b>9</b>
<b>5 フラッシュ プログラミング</b> .....	<b>10</b>
<b>6 まとめ</b> .....	<b>11</b>
<b>7 参考資料</b> .....	<b>11</b>
<b>8 Revision History</b> .....	<b>11</b>

### 商標

SimpleLink™ and LaunchPad™ are trademarks of Texas Instruments.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

ARM® is a registered trademark of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 概要

### 1.1 製造ラインの概要

テキサス インストルメンツでは、メーカーが **CC35xxE** デバイスを使用して製品を迅速かつ効率的に製造できるように、いくつかのリソースを提供しています。生産効率に優れた製品設計を支援するため、TI では回路図とプリント基板 (PCB) の設計に関連するリファレンス デザイン関連の資料とアプリケーション ノートを提供しています。製造ラインで **CC35xxE** デバイスのプログラミングとテストを行うため、ソフトウェアおよびハードウェア ツールが用意されています。

TI は、対象製品や製造ラインの種類に応じて、製造ラインに異なる工程を導入することを推奨しています。一般的に、この工程では次のようなステージが含まれます。

- オンボード組み立ての段階
- ワンタイム プログラミング (OTP) の段階
- 入出力 (I/O) 製造ライン テストの段階
- RF (無線周波数) と xSPI (拡張型シリアル パリフェラル インターフェイス) メモリ接続の段階
- フラッシュ プログラミングの段階

### 1.2 製造ライン タイプ

本書で説明する製造ラインは、以下の 3 種類に分類されます。

- 集積回路 (IC) OEM (Original Equipment Manufacturer) の製造ライン — **CC35xxE** デバイスを用いて特定の企業向けに設計された最終製品を組み立て、テスト、納入します。
- モジュール ベンダの製造ライン — さまざまな企業の他の製品で使用するために、**CC35xxE** デバイスを用いて認証済みモジュールを組み立てます。
- モジュール OEM 製造ライン — モジュール ベンダから供給されたモジュールを組み立てて最終製品にします。

図 1-1 に、IC OEM 製造ラインの概要を示します。この場合、製造ラインからは、テストおよびプログラムが完了した完成品が出荷されます。

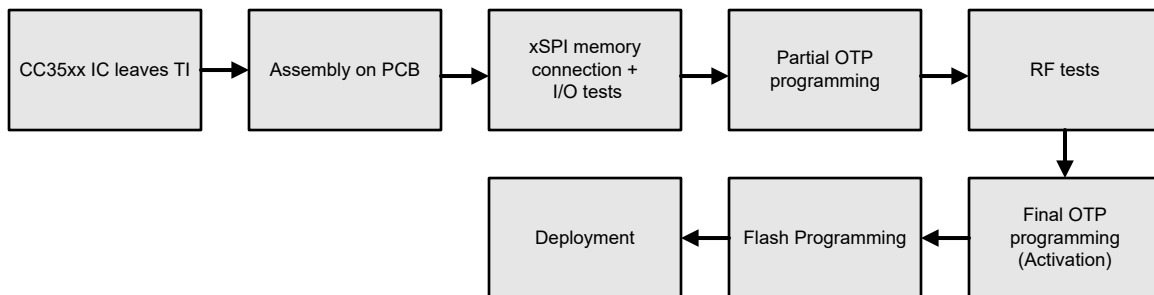


図 1-1. OEM 製造ライン

図 1-2 に、モジュール ベンダ製造ラインの概要を示します。モジュール ベンダは、RF コンポーネントやフラッシュを含む、**CC35xxE** デバイスの機能に必要な基本の部品表 (BOM) を組み込んだ製品を提供しています。モジュールの一部であるコンポーネントは、フラッシュ接続および I/O の断線および短絡 (該当する場合) をテストして検証されます。RF テストも実行して内部アセンブリを検証しますが、モジュール OEM は最終製品の RF をテストして、外部電源の組み立てを検証する必要もあります (セクション 3.3 を参照)。部分的な OTP プログラミングは、モジュール ベンダ側で実施できますが、モジュールのアクティベーションやフラッシュへのプログラム書き込みはできません (セクション 4 を参照)。

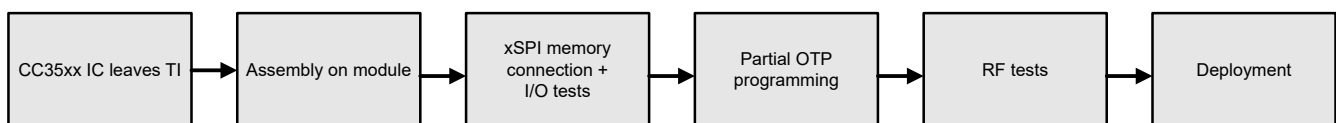


図 1-2. モジュール ベンダの製造ライン

図 1-3 にモジュール OEM 製造ラインの概要を示します。この場合、OEM は 1 つのモジュールを組み立てて最終製品にするため、モジュールの内部アセンブリをテストして検証する必要はありません。モジュールによっては、I/O の断線と短

絡をテストし、最後に OTP プログラミング (アクティブ化とフラッシュプログラミング) を実施するだけで済みます。RF テストは任意です。モジュールの電源と外部 RF コンポーネントがあるかどうかによって異なります ([セクション 3.3](#) を参照)。

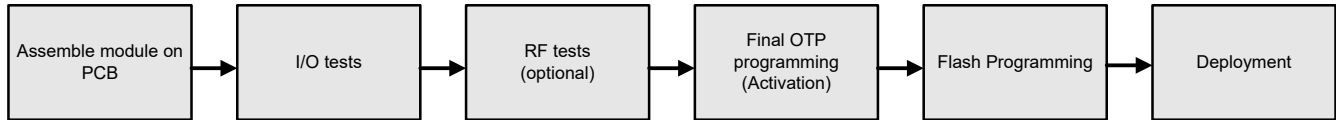


図 1-3. モジュール OEM 製造ライン

### 1.3 SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックス

テストおよび CC35xxE デバイスの書き込みには [SimpleLink Wi-Fi Toolbox](#) を使い、インターフェイスとして [LP-XDS110ET](#) または [LP-XDS110 LaunchPad™](#) 開発キットを使用する必要があります。Toolbox アプリケーションには、Web ベースのグラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI) がありますが、製造ラインでの自動化向けに用意されている次のオプションも利用できます。

- コマンドライン インターフェイス (CLI)
- HTTP に準拠した RestAPI コマンド

どちらのオプションも、製造ラインに必要なツールボックスの全機能が利用可能です。

一般的に、CLI は RestAPI よりも使いやすく、スクリプトへの組み込みも容易ですが、コマンドの実行に時間がかかります。一般的に、RestAPI は CLI よりも高速で、容易に拡張できますが、HTTP コマンドを実行可能なソフトウェア スクリプトが必要です。詳細とスクリプトの例については、[SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックスのドキュメント](#)を参照してください。

## 2 製造ラインにおけるハードウェア セットアップ

SimpleLink™ Wi-Fi Toolbox を使用してプログラミング、無線、I/O をテストすることができます。このツールを使用するには、XDS110 プラットフォームに接続するために、CC35xxE デバイスのシリアル ワイヤ デバッグ (SWD) インターフェイス (SWCLK ピンと SWDIO ピン) にアクセスする必要があります。サポートされている XDS110 プラットフォームは、**LP-XDS110ET** と **LP-XDS110 LaunchPad™** 開発キットです。LP-XDS110 には、(I/O) 通信用のターゲットリファレンス電圧 ( $V_{TREF}$ ) も必要です。SWD インターフェイスの I/O 電圧は、CC35xxE デバイスの VIO1 電源ピンと同じであるため、VIO1 を XDS110 プラットフォームの  $V_{TREF}$  に短絡する必要があります。

LP-XDS110ET LaunchPad™ 開発キットを使用する場合、ボード上のジャンパ (「TGT VDD」いうラベル付き) が拡張構成 (EXT) 内にあることを確認することが重要です (図 2-1 を参照)。LP-XDS110 LaunchPad™ 開発キットを使用する場合、 $V_{TREF}$  接続を 20 ピン ヘッドに接続せず、ターゲット VDD ヘッド ピンの中央のピン (ジャンパが組み立てられていない状態) にする必要があります (図 2-2 を参照)。

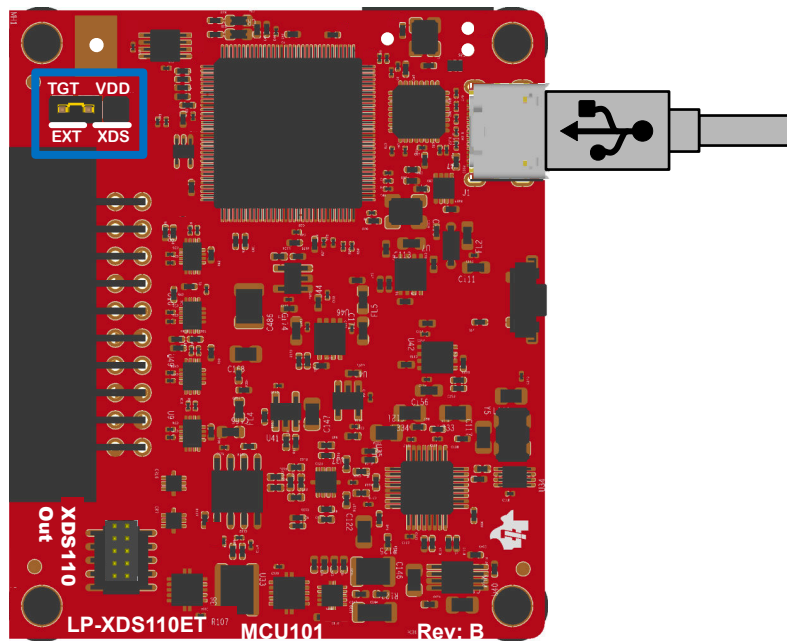


図 2-1. LP-XDS110ET LaunchPad™ 開発キットの構成

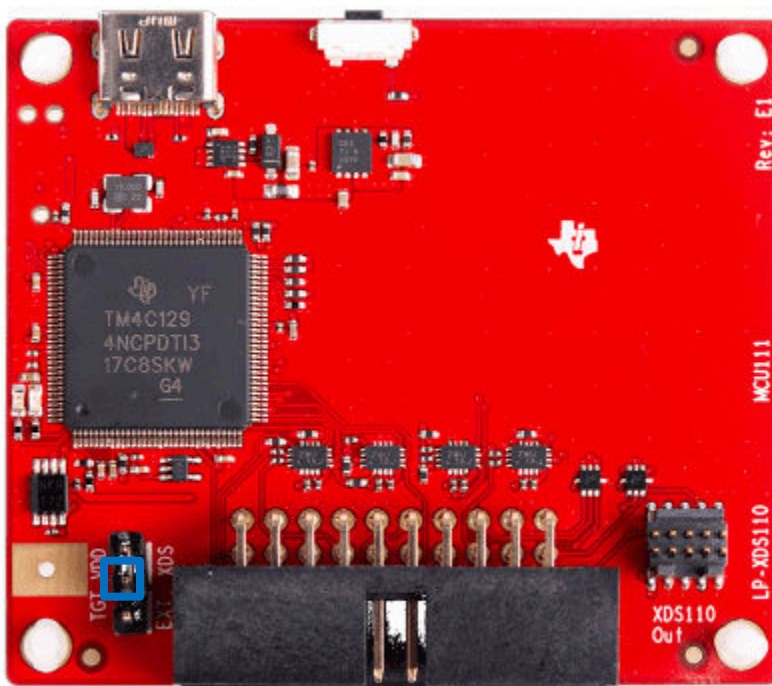


図 2-2. LP-XDS110 LaunchPad™ 開発キットの接続

プログラミング中にプログラマ ツールがデバイスをリセットできるようにするには、CC35xxE デバイスの nRESET ピンを XDS110 LaunchPad™ 開発キットに接続する必要があります。XDS110 LaunchPad™ 開発キットの nRESET ピン出力はオープンドレイン出力であるため、ターゲット ボードに外部プルアップ抵抗が必要です。

---

LP-XDS110 LaunchPad™ 開発キットとデバイスの両方に個別に電力を供給します。LP-XDS110 LaunchPad™ 開発キットは、CC35xxE デバイス ファミリのすべての RF テストモードをサポートするのに十分な電力を供給できません

---

図 2-3 に、製造ラインでのテスト構成の概略を示します。XDS110 プラットフォームとして、LP-XDS110ET または LP-XDS110 LaunchPad™ 開発キットを使用する必要があります。ベクトル信号アナライザ (VSA) またはベクトル信号ジェネレータ (VSG) は、RF の製造ライン テスト (PLT) で使用します。詳細については、[セクション 3.3](#) を参照してください。

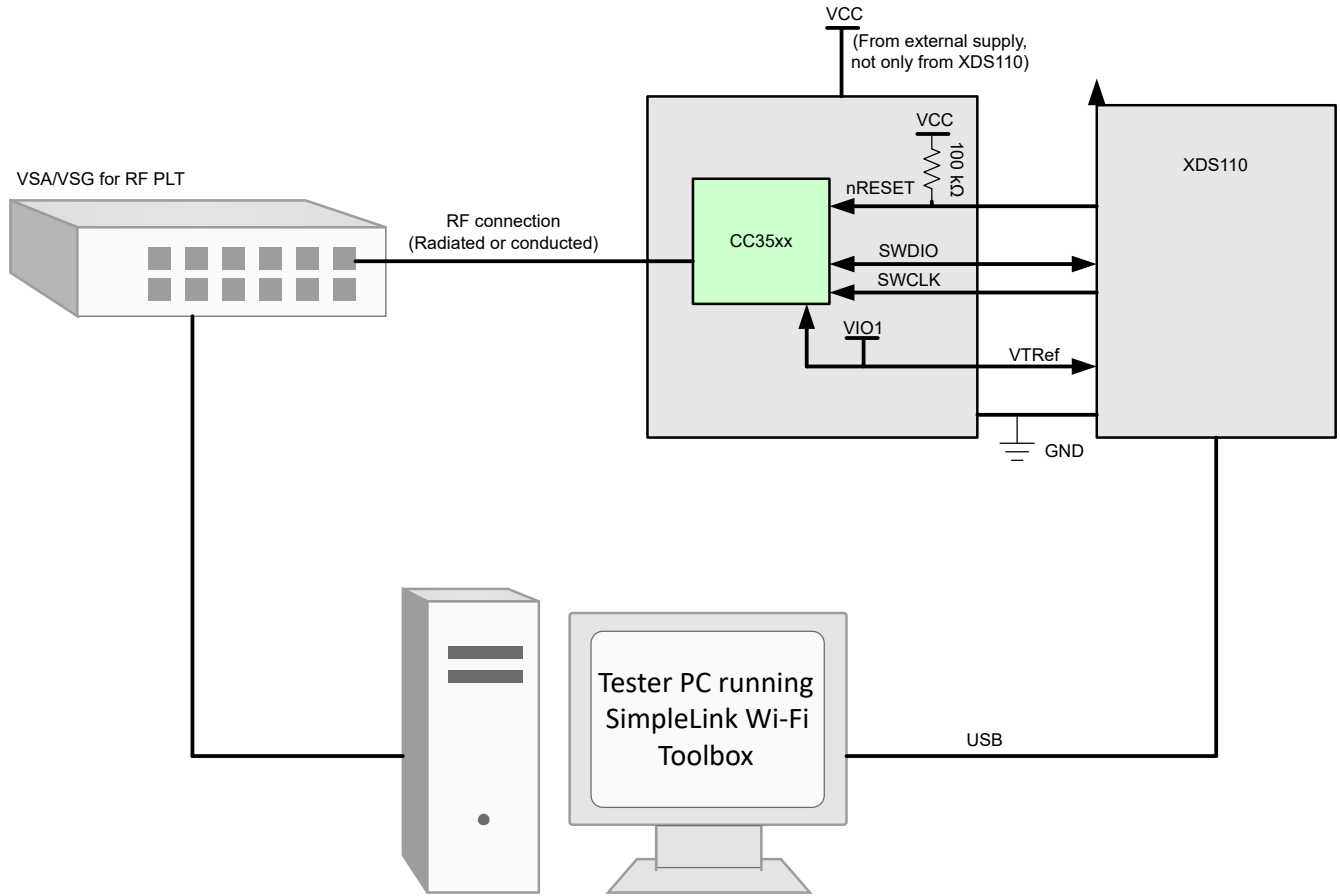


図 2-3. 製造ラインにおけるハードウェア セットアップ

### 3 製造ライン テスト

CC35xxE デバイスとその他の外部 BOM が正しく組み立てられていることを検証し、PCB レベルの問題を検出するには、製造ラインでのテストが重要です。SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックスを使用すると、量産ラインで I/O 接続、フラッシュ接続、RF 性能をテストできます。最終製品に応じて、お客様は製造ラインから出荷される各デバイスについて、以下のトレードオフを考慮した上で、どのような検査を行うかを決定することができます。

- テストの回数を増やして、組み立てた各デバイスで高い信頼を確保。
- テストの回数を減らして、時間とコストを節約。

TI は、アクティベーションやフラッシュプログラミングという時間のかかるプロセスを実施する前に、製品の組み立ての問題を見つけるために、PLT テストを実行することを推奨します。TI は、デバイスのアクティベーション前にロードできるカスタムファームウェア (FW) イメージを提供しています。このイメージは、デバイス上で認証され、RAM から実行されます。これらの FW イメージが TI によって署名されていないので、デバイスでアクティブにする前に、PLT 用の他の FW イメージをロードすることはできません。

#### 3.1 xSPI メモリ接続テスト

CC35xxE デバイスは実行用に外部の xSPI フラッシュが必要で、QSPI (クワッド シリアル ペリフェラル インターフェイス) 経由で接続されています。この高速インターフェイス (80MHz) と外部フラッシュはデバイスを適切に機能させるために不可欠であり、アプリケーション イメージは製造時にフラッシュに書き込まれます。PLT 中に外部フラッシュの組み立てを検証することが重要です。このテストは、SimpleLink™ Wi-Fi Toolbox プログラマ ツールで実行できます。

##### 注

フラッシュ接続テストを実施できるのは、**デバイスをアクティブにする前に SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックス**を使用する場合に限られます。お客様は、PLT を定義し、製造ラインで各ステップを完了するための注文を決定する際にこの事実を考慮する必要があります。

#### 3.2 I/O の断線および短絡テスト

CC35xxE デバイスは最大 38 本の I/O ピンを備えており、ほとんどのピンを GPIO として使用することができ、広範な外部ペリフェラルをサポートできます。アセンブリ時の半田付けに関する問題や PCB に関連するエラーが発生すると、CC35xxE デバイスとの間にある特定の接続が断線や短絡になる場合があります。TI では、SimpleLink™ Wi-Fi Toolbox の無線ツールを用いて I/O のステータスと PLT 内の適切な接続を検証するオプションを提供しています。I/O 制御では、すべての GPIO について以下のオプションを選択できます。

- 入力または出力として構成する
- ピンの状態をロジック "High" またはロジック "Low" に設定する
- ピンのロジックレベルを読み取る (High または Low)

##### 注

フラッシュ接続テストを実施できるのは、**デバイスをアクティブにする前に SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックス**を使用する場合に限られます。お客様は、PLT を定義し、製造ラインで各ステップを完了するための注文を決定する際にこの点を考慮する必要があります。

#### 3.3 RF テスト

RF PLT の主な目標は、組み立ての欠陥、はんだ付けの問題、および PCB に関連するその他の問題など、製造ラインにおける生産上の問題点を把握することです。RF PLT で実施するテストでは、外部 BOM と CC35xxE デバイスの接続、特に RF 外部チェーンの一部と見なされるコンポーネントを検証します。トランスミッタ (TX) の最大電力とエラー ベクトルの大きさ (EVM) をテストすることで、外部 BOM アセンブリが正常に接続されているかどうかを検証できます。BOM では以下を検証する必要があります:

- **外部電源 (1.8V および 3.3V):** 最大 TX 出力と EVM テストで検証
- **外部 RF フィルタ、バンドパス フィルタ (BPF)、ダイプレクサ (デュアル バンド設計のみ):** 最大 TX 出力と EVM テストで検証
- **水晶発振器 (XTAL)、高速クロック 52MHz:** EVM テストで検証

- アンテナ ダイバーシティ用 RF スイッチ (使用する場合): 最大 TX 出力と EVM テストで検証

RF PLT でデバイスの可否を分けるスレッショルドは、量産前の製品の検証テスト、CC35xxE デバイスのデータシート、および IEEE 規格に基づいて設定されます。

最大 TX 出力は、CC35xxE デバイスのデータシートに基づいており、量産前に製品の検証が行われています。想定値には、基板およびケーブルによる損失を考慮する必要があります。製造ラインでの TX 出力の許容誤差は、量産前の製品テストおよびお客様の要件に基づいて設定されます。TI がリファレンス デザイン部品を使用して CC35xxE デバイスをテストした結果、室温におけるデバイス間の TX 出力のバラツキは 1.5dB でした。このバラツキは、顧客の基板上の PCB または外部フィルタによっては大きくなる可能性があります。CC35xxE デバイスで最大の出力電力 (および最大の静的 RF モード電流消費) が得られるのは、2.4GHz 帯で 11b 1DSSS、5GHz 帯で 11a 6OFDM を送信する場合です。そのため TI はこれらのモードでのテストを推奨しています。

エラー ベクトルの大きさ (EVM) は、IEEE 802.11 の仕様を満たす必要があります。IEEE 仕様によると、最も厳しい EVM 要件となるのは高めの物理レイヤ (PHY) レートで送信する場合であり、11a/g 54OFDM では -25dB、11n/ax SU MCS7 では -27dB となります。TI では、RF PLT でこれらのモードのいずれかをテストすることを推奨しています。

### 3.3.1 RF PLT に関する追加の検討事項

検討すべき追加事項:

- 各周波数帯域 (2.4GHz と 5GHz) で 1 チャネルずつテストすることが、必要最小限のテスト チャネル数です。
  - 必要に応じて、RF テストにおけるチャネル数を増やして、周波数帯域全体での性能を検証することができます。
  - 5GHz 帯は 2.4GHz 帯に比べて周波数帯域幅が広いので、TI は 5GHz 帯でより多くのチャネルをテストすることを推奨しています。
- Bluetooth® Low Energy の個別テストは必須要件ではありません。
  - 同じ 2.4GHz 周波数帯域を使用するワイヤレス ローカル エリア ネットワーク (WLAN) 変調は、より大きい電力を送信するため、EVM 要件もより厳しく設定されています。
  - 2.4GHz の WLAN と BLE は同じ RF フロント エンドを使用しているので、WLAN テストを行うことで BLE も正常に動作するという高い信頼性が得られます。
- RX のテストは必須要件ではありません。
  - RX テストを実施しても、外付け BOM が正しく実装されていることの追加検証ができるわけではありません。その検証は、TX 出力と EVM のテストで行うことができます。
  - RX 感度テストでは、EVM テストや TX 出力テストと同様に XTAL や外部フィルタを検証できますが、特に製造ライン上ではテストにかかる時間が長くなります。
- 伝導テストと放射テストはどちらも RF PLT に対して有効です。
  - 導通テストのほうが精度とノイズからの遮蔽性に優れており、経路損失についてのキャリブレーションが容易です。ただし、すべての最終製品が専用の RF コネクタをサポートしているわけではありません。また、この場合、アンテナは検証されていません。さらに、PLT 中にテスト対象デバイス (DUT) ごとに伝導テストの接続と再接続を手動で行う必要があるため、テスト時間が長くなります。
  - 放射テストは、生産現場において短時間で実施でき、アンテナの種類が異なるさまざまなデバイスにも容易に適用できます。ただし、経路損失に対するキャリブレーションが難しい、精度が低い、ノイズの影響を受けやすい、といった欠点があります。
- CC35xxE デバイスがアンテナ ダイバーシティのために 2 つのアンテナに接続されている場合、RF PLT 中に両方の RF 経路をテストする必要があります。両方のアンテナですべてのテストを実施する必要はありませんが、外部 RF スイッチが正常に機能するかどうかを確認するには、各アンテナで少なくとも 1 つのテストを実施する必要があります。

RF PLT では、SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックスの一部である無線ツールを使用する必要があります。GUI も利用できますが、自動化されたテスト構成では、CMD ターミナルから使用する無線ツールの CLI や、ソフトウェア スクリプト内で使用する restAPI コマンドの方が適しています。スクリプトの例とパラメータの説明については、SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックスのドキュメントを参照してください。

次に、各周波数帯域で 2 つのチャネルをテストする RF PLT テスト フローの例を示します。

1. PC に無線ツールをロードし、FW をデバイスにロードします。
2. WLAN チャネル 1 (2412MHz) にチューニングし、キャリブレーションを行います。
3. TX テスト 1DSSS の最大出力時に、VSA が DUT からの TX 出力を測定します。

4. WLAN チャンネル 11 (2462MHz) にチューニングし、キャリブレーションを実施します。
5. TX テスト 11n MCS7 の最大出力時に、VSA が DUT の EVM と TX 出力を測定します。
6. WLAN チャンネル 36 (5180MHz) にチューニングし、キャリブレーションを実施します。
7. TX テスト 11a 6OFDM の最大出力時に、VSA が DUT の EVM と TX 出力を測定します。
8. WLAN チャンネル 169 (5845MHz) にチューニングし、キャリブレーションを行います。
9. TX テスト 11n MCS7 の最大出力時に、VSA が DUT の EVM と TX 出力を測定します。

## 4 アクティベーションおよびワンタイム プログラミング (OTP)

アプリケーション イメージを使用して CC35xxE デバイスをプログラムし、動作上の使用事例でイネーブルにする前にデバイスをアクティベーションする必要があります。このアクティベーション プロセスは、CC35xxE デバイスのヒューズ ROM 内のワンタイム プログラミング (OTP) ビットに「信頼の基点」(ROT) キーをプログラムします。この秘密鍵のハッシュは、秘密キーを画像の公開鍵と一致させることで、xSPI フラッシュにプログラムされたイメージを認証するために使用されます。この認証により、アクティベートされた CC35xxE デバイスは秘密鍵を所有するベンダに紐づけられ、ハッシュが ROT キーと一致する場合にのみイメージ プログラミング要求を受け入れます。このプロセスと CC35xxE デバイスのブートコンセプトの詳細については、『[CC35xx SimpleLink™ Wi-Fi 6 および Bluetooth® Low Energy ワイヤレス MCU](#)』テクニカルリファレンス マニュアルを参照してください。

アクティベーション前後の CC35xxE デバイスの機能については、[表 4-1](#) を参照してください。

**表 4-1. CC35xxE デバイスのアクティベーション**

ツール操作	アクティベーション前の CC35xxE	アクティベーション後の CC35xxE
SWD 使用の TI ツールを以下の用途に使用可能: <ul style="list-style-type: none"> <li>• I/O の断線および短絡テスト</li> <li>• xSPI メモリ接続テスト</li> <li>• ヒューズのプログラミング</li> </ul>	あり	なし
無線ツール (SWD インターフェイス) を使用した RF テスト	あり	あり
顧客のアプリケーション コードを使用した RF テスト (ARM® M33 で実行中のイメージ)	なし	あり
SWD を用いてお客様のアプリケーション コードイメージを xSPI フラッシュにロード	なし	あり
SWD を用いて顧客のアプリケーション コードをデバッグ	なし	アクティベーション時に選択可能なオプション: <ul style="list-style-type: none"> <li>• デバッグ ディスエーブル ヒューズ ビットを設定する (コード デバッグは永続的にロックアウトされます)</li> <li>• デバッグ ディスエーブル ヒューズ ビットを設定しない (固有のデバイス値に署名してブート後にコード デバッグをイネーブルにできます)</li> </ul>

製造ラインで [SimpleLink™ Wi-Fi Toolbox](#) のプログラマ ツールを使用してアクティベーションと初期プログラミングを行う必要があります。

CC35xxE デバイスにはワンタイム プログラミング (OTP) 用ビットも搭載されています (ユーザー用)。メディア アクセス制御 (MAC) アドレス定義、Wi-Fi 6 無効化、国コード制限などの機能を OTP に書き込むことができます。ヒューズの書き込みは、アクティベーション前に [Simplelink™ Wi-Fi Toolbox](#) のプログラマ ツールを使用したときのみ可能です。お客様は、PLT で RF テストを実施する前に部分的なヒューズ プログラミングを検討し、PLT 中にそれらのヒューズを検証できるようにする必要があります。

## 5 フラッシュプログラミング

製造ラインの最終段階では、外部の xSPI フラッシュにアプリケーション イメージをプログラムします。このプログラミング作業では、XDS110 LaunchPad™ 開発キットプラットフォームと SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックス内のプログラマ ツールを用いて CC35xxE デバイスの SWD インターフェイスを経由することが必須です。CC35xxE デバイスは、アクティベーションが完了した後でのみプログラムできます。

## 6 まとめ

TI は、OEM やモジュール ベンダが CC35xxE デバイスを使用して優れた製品を開発できるようツールを提供しており、これらのツールを活用することで、製造ラインにおいて効率的かつ、場合によってはよりコスト効率の高い方法で生産することが可能になります TI の SimpleLink™ Wi-Fi ツールボックス アプリケーションを使用すると、PLT からフラッシュ書き込みまで、製造ラインのすべての段階を簡単に実行できます。

## 7 参考資料

- テキサス インストルメンツ。『SimpleLink Wi-Fi ツールボックス』、アプリケーションドキュメントおよびユーザードキュメント。
- テキサス インストルメンツ。『CC35xx SimpleLink™ Wi-Fi 6 と Bluetooth® Low Energy のワイヤレス MCU』、テクニカルリファレンス マニュアル

## 8 Revision History

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 May 21, 2026 to May 26, 2026 (from Revision \* (May 2026) to Revision A (May 2026))

	Page
• 初版リリース日を修正しました.....	2
• 商標を削除。.....	9

## 重要なお知らせと免責事項

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

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月