

Design Guide: TIDA-010254

Sub-1GHz および Bluetooth® 5.2 を備えたバッテリー駆動式ミリ波レーダー センサのリファレンス デザイン



概要

この産業用リファレンス デザインは、バッテリー駆動式の IWRL6432 60GHz ミリ波レーダーと、Sub-1GHz または Bluetooth® 5.2 ワイヤレス通信を組み合わせる方法を示します。このリファレンス デザインは、1 本のリチウムバッテリーを使って、人数計測、人物追跡、モーショントラッキング アプリケーションによって実際に実行されました。デモの結果は Sub-1G または Bluetooth でリモート ホストに送信されるものの、本リファレンス デザインはすべての既存 IWRL6432 ソフトウェアと互換性があります。このリファレンス デザインでは、レーダー センシング データと検出結果を視覚的に表示するため、グラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI) を備えた LAUNCHXLCC1352R1 ワイヤレス マイコン (MCU) LaunchPad™ 開発キットを使っています。

リソース

TIDA-010254	デザイン・フォルダ
IWRL6432, CC1352R	プロダクト・フォルダ
TPS628502, BQ25616	プロダクト・フォルダ
LAUNCHXL-CC1352R1	ツール・フォルダ

特長

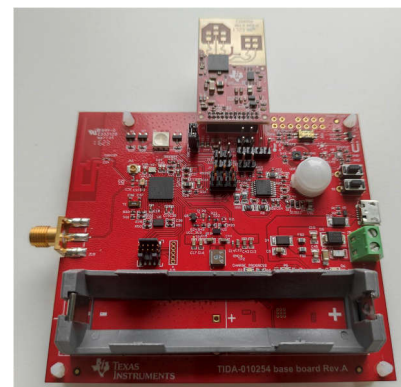
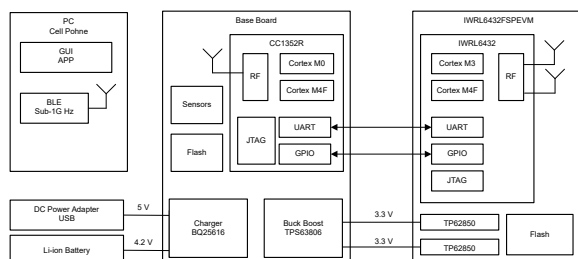
- IWRL6432 を使用した、低消費電力、低コスト 57GHz ~64GHz ミリ波レーダー
- CC1352R を使用した、長距離、低消費電力 Sub-1GHz または BLE ワイヤレス コネクティビティ
- バッテリー駆動による高い効率と小さな外形を実現
- 消費電力が最適化されたテスト結果を提供
- 人数計測および人物追跡ソフトウェアをデモ

アプリケーション

- 在室検出 (人物追跡、人数計測)
- モーション検出器
- ビデオ・ドアベル
- 自動ドア / ゲート
- IP ネットワーク・カメラ



テキサス・インスツルメンツの TI E2E™ サポート・エキスパートにお問い合わせください



1 システムの説明

ビルセキュリティシステムと防火システムでは、人物追跡と人数計測がしばしば必要とされます。また、人間のジェスチャの認識は、スマートホームとビデオ監視システムでも使われます。ミリ波レーダー技術を使うと、人間または物体の距離、速度、反射角度のデータを得ることができます。そしてこれらのデータは、アプリケーション固有の多様な方法で処理されます。このリファレンス デザインでは、IWRL6432 低消費電力、57~64GHz ミリ波レーダー センサを利用することで、これらのアプリケーションを実際に行います。このリファレンス デザインのミリ波レーダー モジュールは、22mm × 42mm のプリント基板 (PCB) をエッチングして形成した、2 つの送信素子と 3 つの受信素子を持つアンテナを利用しています。

このリファレンス デザインの無線通信部には CC1352R マイコンを利用しています。このマイコンは長距離接続と超低消費電力を実現します。CC1352R は、Bluetooth® 5.2 Low Energy、IEEE 802.15.4、Zigbee®などをサポートするマルチプロトコル Sub-1GHz および 2.4GHz ワイヤレス マイコン (MCU) です。

このリファレンス デザインは、主電源として 1 本のリチウムイオン バッテリーを利用しています。このバッテリーは 3.0V~4.2V の入力端子に接続されています。このバッテリー入力を 3.3V 出力に変換し、システムに電力を供給するため、TPS63806 ワイド V_{IN} 昇降圧コンバータが使われています。また、USB または外部 DC 入力によってこのボードに電力を供給することもできます。これらの電力を使ってリチウムイオン バッテリーを充電することもできます。

このデザイン ガイドは、このリファレンス デザインの設計理論とテスト結果について記載されています。

1.1 主なシステム仕様

表 1-1. 主なシステム仕様

パラメータ	仕様
入力電源	18650 リチウムイオン バッテリー
電源容量	2000mAh (3.7V 時)
レーダーのタイプ	IWRL6432 ミリ波レーダー
システム消費電力	180mW 以下
レーダーの視野角 (水平)	±60°
レーダーの視野角 (垂直)	±40°
レーダー最大距離	10m (対人、テスト環境に限定)
レーダー距離 (分解能)	0.18m
レーダー最大速度	36m/s
レーダー速度 (分解能)	約 0.08m/s (マイナー モーション検出モード)
人物追跡 (# ppl)	3~5
無線プロトコル	Bluetooth Low Energy (BLE)、Sub-1GHz
無線送信機の周波数	2440MHz、915MHz
無線送信電力	5dBm、12dBm

2 システム概要

このシステム デザインは、レーダー モジュールと無線通信モジュールという 2 つのモジュールで構成されています。これらの 2 つのモジュールは、レーダー モジュールとして IWRL6432FSPEVM、無線通信モジュールとしてベース基板が指定されています。

IWRL6432FSPEVM には、ベース基板の 3.3V 電源から電力が供給されます。IRWL6432FSPEVM は、シリアル ペリフェラル インターフェイス (SPI) と UART (ユニバーサル非同期レシーバ/トランスミッタ) を介して、ワイヤレス マイコン CC1352R と通信します。IRWL6432FSPEVM は、ミリ波ファームウェアのプログラマブル インターフェイスとして UART を利用しています。

ベース基板には、環境条件とノイズ最適化のための光センサ、温度センサ、ホール効果センサ、受動型赤外線 (PIR) センサも実装されています。

2.1 ブロック図

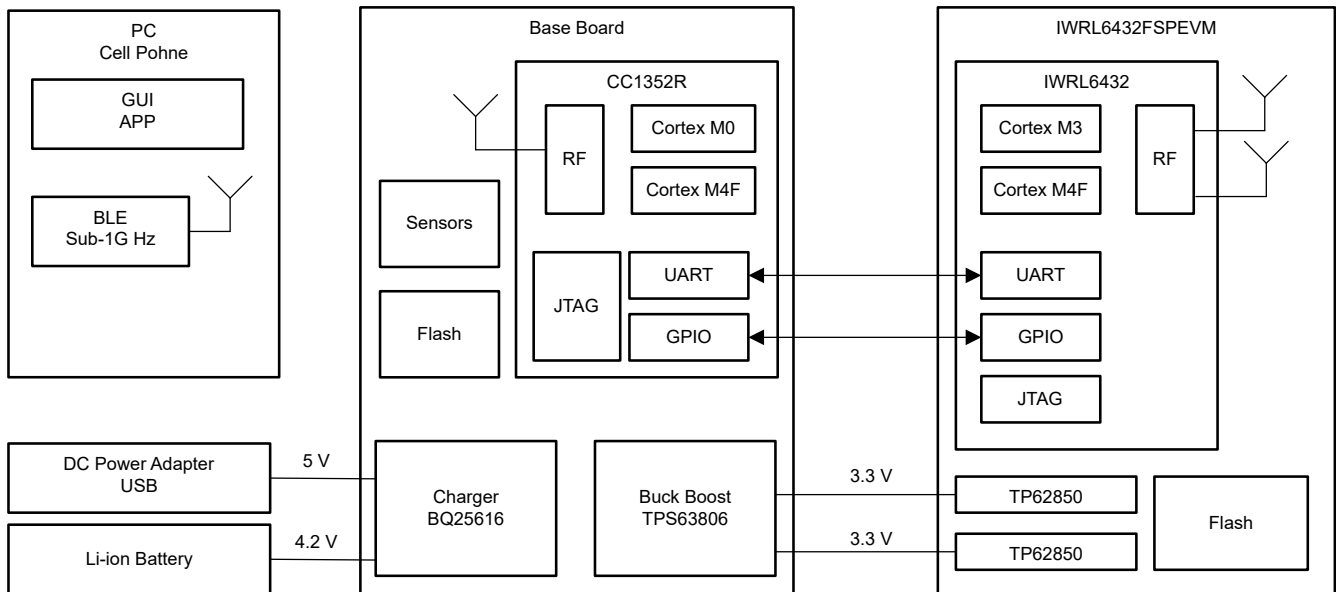


図 2-1. TIDA-010254 のブロック図

2.2 設計上の考慮事項

このリファレンス・デザインでは、ミリ波レーダーの結果データは UART ポート経由で送信され、その後、CC1352R がその結果データを BLE または Sub-1GHz 経由でワイヤレス クライアント (パーソナル コンピュータ (PC) または携帯電話) に送信します。

2.2.1 ミリ波センサ アプリケーション

このリファレンス デザインでは、ミリ波を使用した人物追跡 / 人数計測アプリケーションの例を両方紹介します。これらの例はミリ波 SDK デモ `motion_and_presence_detection` プロジェクトに含まれています。GUI トラッキング フレーム レートを向上させ、CC1352R のコーディングを簡単にするため、UART ボーレートは「1250000」に設定されています。設定例は IWRL6432EVM と同じです。

ミリ波による人物追跡と人数計測の例の詳細については、『IWRL6432 人物追跡』をご覧ください。

2.2.2 IWR6432 の UART 通信

CC1352R は、UART コマンドを使用して 1250000 ボーのレートで IWRL6432 デバイスと通信し、IWRL6432 デバイスを構成します。

```

sensorStop 0
channelCfg 7 3 0
chirpComncfg 16 0 0 128 4 28 0
chirpTimingCfg 6 32 0 40 60.5
frameCfg 2 0 200 64 100 0
antGeometryCfg 0 0 1 1 0 2 0 1 1 2 0 3 2.418 2.418
guiMonitor 2 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0
sigProcChainCfg 32 2 3 2 8 8 1 0.3
cfarCfg 2 8 4 3 0 11.0 0 0.5 0 1 1 1
aoaFovCfg -70 70 -40 40
rangeSelCfg 0.1 10.0
clutterRemoval 1
compRangeBiasAndRxChanPhase 0.0 1.00000 0.00000 -1.00000 0.00000 1.00000 0.00000 -1.00000 0.00000
1.00000 0.00000 -1.00000 0.00000
adcDataSource 0 adc_data_0001_CtestAdc6Ant.bin
    
```

構成が完了すると、IWR6432 はこの UART ポートを使って CC1352R にレーダー結果データを連続的に送信し始めます。次に、CC1352R は、BLE または Sub-1GHz を使ってそのデータを無線で直接 PC または携帯電話に送信します。

2.2.3 LAUNCHXLCC1352R1 の通信

LAUNCHXLCC1352R1 ワイヤレス マイコン LaunchPad™ 開発キットを BLE または Sub-1GHz クライアントとして使用し、ベース基板上的 CC1352R デバイスからレーダー結果データを受信します。次に LAUNCHXLCC1352R1 は、仮想 UART ポート (別の PC ではユーザー UART COM ポート番号が異なることがあります) を使用して、PC または携帯電話の GUI にそのデータを送信します。



図 2-2. PC または携帯電話の GUI 上の仮想 UART ポート

仮想 UART ポートのボーレートは「1250000」に設定されています。

この仮想 UART ポートは、ベース基板上的 IWRL6432 デバイスに設定を送信するためにも使用されます。

このリファレンス デザインでは、シンプルなシリアル ソケット クライアント BLE アプリケーションの例が LAUNCHXLCC1352R1 内に実装されています。

2.2.4 センサ アプリケーション

このシステム設計では、ベース基板の上に 4 種類のセンサが実装されています。

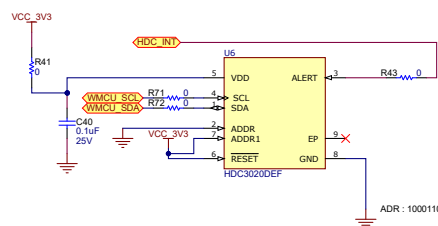


図 2-3. 湿度および温度センサ

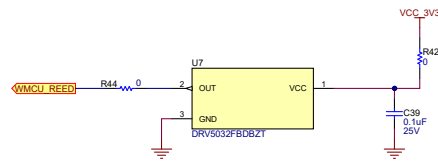


図 2-4. ホール効果センサ

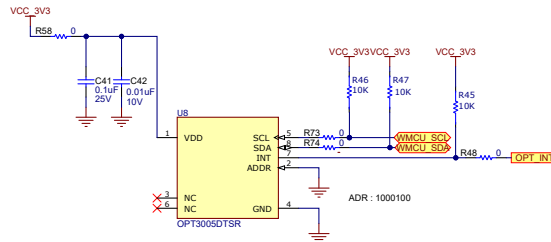


図 2-5. 周辺光センサ

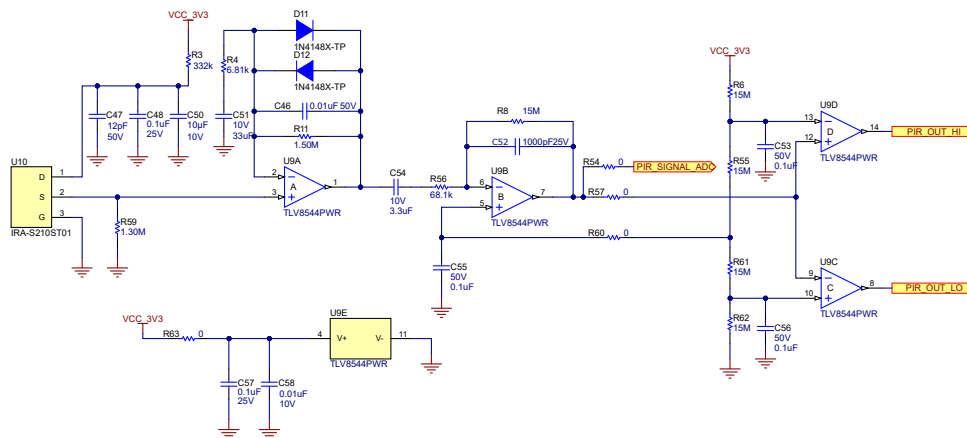


図 2-6. PIR センサ

これらのセンサはベース基板上の CC1352R によって制御されます。これらのセンサ データは、IWRL6432 デバイスの構成を最適化するために、またはバッテリー寿命を延ばすための低消費電力モードから本デバイスをウェイクアップするために使用されます。

また、これらのセンサ・データを BLE または Sub-1GHz 経由で PC または携帯電話に無線送信し、GUI に表示させることもできます。

2.2.5 電源設計

このシステム設計では、以下の電源仕様を考慮します。

- IWRL6432 レーダーには複数の電圧レールが必要です。消費電力を低減するため、このリファレンス デザインでは 3 つの電源レール(3.3V、1.8V、1.2V)を使用しています。

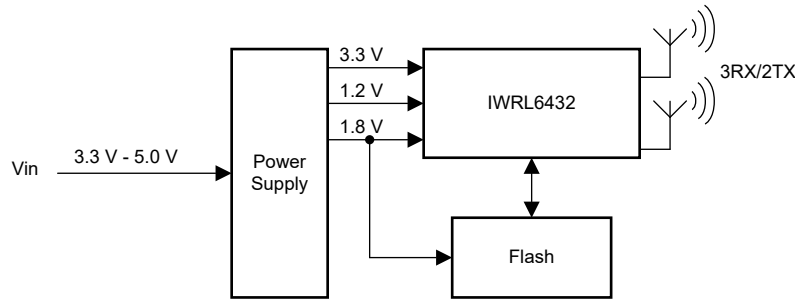


図 2-7. IWRL6432 の 3 つの電源レールの構造

- CC1352R デバイスには 3.3V レールが必要です。
- 湿度 / 温度センサ、ホール効果センサ、周囲光センサ、PIR センサはすべて 3.3V レールを必要とします。
- 主電源は 3.0V~4.2V のリチウムイオン バッテリであり、5V USB または外部 DC 電源も選択できます。

2.2.6 IWRL6432 の電源に関する考慮事項

IWRL6432 デバイスは、1.2V デジタル、SRAM、RF 電源、3.3V IO 電源、1.8V アナログ電源という 3 つの電源レールを利用して動作します。表 2-1 に、各レールのピーク電流を示します。消費電力 (標準値) は、使用するチャープ プロファイルとフレーム構成によって異なります。

表 2-1. 電源レール電流の要件

電源レール	ピーク電流
3.3V	90mA
1.8V	270mA
1.2V	1100mA

2.3 主な使用製品

2.3.1 IWRL6432

IWRL6432 ミリ波センサ デバイスは、周波数変調連続波 (FMCW) レーダー テクノロジーをベースとする統合型シングルチップ ミリ波センサです。このデバイスは 57GHz~64GHz の帯域で動作でき、主に 4 つの電源ドメインに区分されています。

RF / アナログ・サブシステム: このブロックには、RF 信号の送受信に必要なすべての RF およびアナログ部品が含まれています。

フロント・エンド・コントローラ・サブシステム (FECSS): FECSS には、レーダー・フロント・エンドの構成、制御、較正を担当するプロセッサが含まれています。

アプリケーション・サブシステム (APPSS): APPSS には、ユーザーによるプログラムが可能な Arm® Cortex® M4 が実装されており、カスタム制御および車載用インターフェイス アプリケーションに使用できます。トップ・サブシステム (TOPSS) は、APPSS 電源ドメインの一部であり、クロッキングおよびパワー・マネージメント・サブブロックを含んでいます。

ハードウェア・アクセラレータ (HWA): HWA ブロックは、FFT (Fast Fourier Transform、高速フーリエ変換)、CFAR (Constant False Alarm Rate、一定誤警報率)、スケーリング、圧縮などの一般的なレーダー処理を負荷分担して、APPSS を補完します。

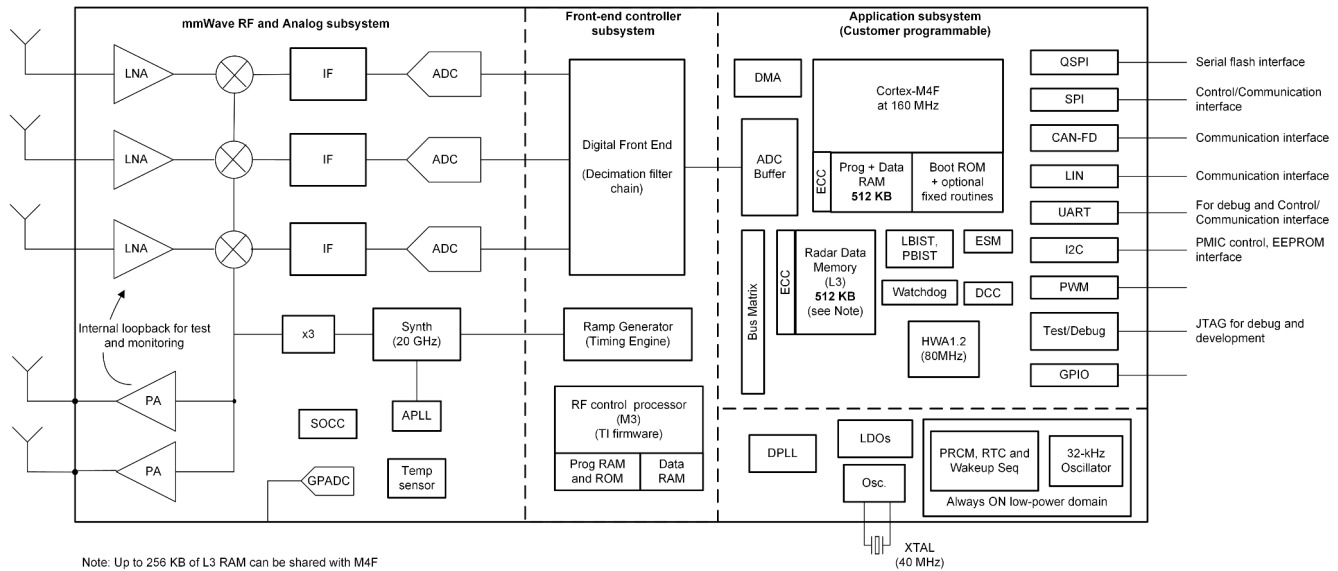


図 2-8. IWRL6432 のブロック図

IWRL6432 デバイスは、使用事例の要件に基づいて状態（電源オンまたはオフ）を制御するために、上記の各電源ドメインに対して個別のノブを備えています。このデバイスにはスリープやディープ・スリープなどのさまざまな低消費電力状態を実行する機能もあり、クロック・ゲーティングによって、また、デバイスの内部 IP ブロックをオフにすることによって、低消費電力のスリープ・モードを実現しています。このデバイスでは、そのようなシナリオで保持されるアプリケーション・イメージや RF プロファイルなど、デバイスの一部の内容を保持することもできます。

さらに、このデバイスは、テキサス・インスツルメンツの低消費電力 45nm RF（無線周波数）CMOS（相補型 MOS）プロセスで製造され、超小型の外形で、かつてないレベルの統合を実現しています。IWRL6432 は、ビル / ファクトリ オートメーション、商用 / 住宅用セキュリティ、パーソナル エレクトロニクス、存在 / 動作検出、ヒューマン マシン インターフェイス向けジェスチャ検出 / 認識などのアプリケーションのために、産業用（およびパーソナル エレクトロニクス）分野の低消費電力、自己監視機能付き、超高精度レーダー システム向けに設計されています。

2.3.2 CC1352R

SimpleLink™ MCU CC1352R デバイスは、マルチプロトコル、マルチバンドの Sub-1GHz および 2.4GHz ワイヤレス・マイコン（MCU）です。本デバイスは Thread、Zigbee、Bluetooth 5.2 Low Energy、IEEE 802.15.4g、IPv6 対応スマートオブジェクト（6LoWPAN）、MIOTY、Wi-SUN®、TI 15.4 スタック（Sub-1GHz および 2.4GHz）を含む独自システム、DMM（ダイナミック マルチプロトコル マネージャ）ドライバを使った同時マルチプロトコルをサポートしています。本デバイスは、ビルディングのセキュリティシステム、HVAC、スマートメータ、医療、有線ネットワーク、ポータブル電子機器、ホームシアター / エンターテインメント、ネットワーク接続周辺機器市場向けの低消費電力の無線通信と高度なセンシングに最適化されています。このデバイスの主な特長を以下に示します。

- DMM ドライバを使用して、Sub-1GHz と 2.4GHz の両方の同時マルチプロトコルをサポートするマルチバンド デバイス。
- [SimpleLink™ CC13x2 および CC26x2 ソフトウェア開発キット \(SDK\)](#) で幅広いプロトコル スタックを柔軟にサポート。
- Sub-1GHz で +14dBm（消費電流 24.9mA）、2.4GHz で +5dBm（9.6mA）の最大送信出力。
- 0.85µA の小さいスタンバイ電流（全 RAM 保持）によるバッテリー駆動時間が長いワイヤレス・アプリケーション。
- 産業用温度に対応し、85°C で 5µA の最小スタンバイ電流。
- 高速ウェイクアップ機能を備えたプログラマブルな自律型超低消費電力 [センサ コントローラ CPU](#) による高度なセンシング。たとえば、このセンサ コントローラは、1µA のシステム電流で 1Hz の ADC サンプルングが可能です。
- 潜在的な放射線イベントによるデータ破損を防止する常時オン SRAM パリティを備え、低い [SER（ソフトエラーレート）FIT（Failure-In-Time、故障率）](#) により、産業用市場向けに中断のない長い動作寿命を実現。
- 柔軟性の高い低消費電力 RF トランシーバ機能を備えた専用のソフトウェア制御無線コントローラ（Arm® Cortex®-M0）により、複数の物理層および RF 規格をサポート。
- SimpleLink 長距離モードに対応する優れた無線感度（-121dBm）と堅牢（選択度、ブロッキング）性能。

CC1352R デバイスは SimpleLink MCU プラットフォームに属しています。本プラットフォームは、シングル コア SDK (ソフトウェア開発キット) と豊富なツール セットを備えた使いやすい共通の開発環境を共有する Wi-Fi®、Bluetooth Low Energy、Thread、Zigbee、Sub-1GHz MCU、ホスト MCU で構成されています。SimpleLink プラットフォームは一度で統合を実現でき、製品ラインアップのデバイスのどのような組み合わせでも設計に追加できるので、設計要件変更の際もコードの 100% 再利用が可能です。詳細については、[SimpleLink™ MCU プラットフォーム](#)を参照してください。

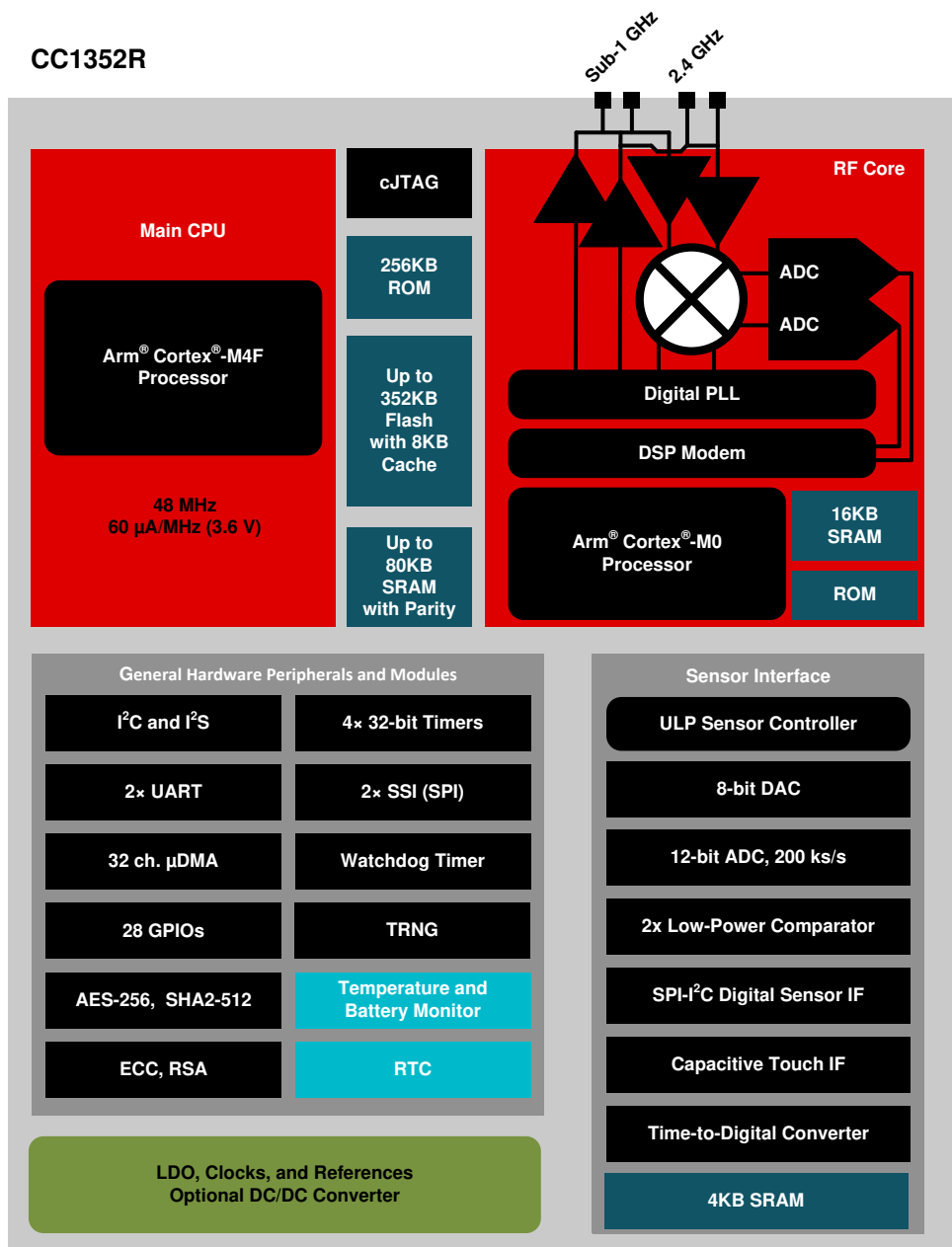


図 2-9. CC1352R のブロック図

2.3.3 BQ25616

BQ25616 (と BQ25616J) は、シングル セル リチウムイオン / リチウムポリマー バッテリー用の高度に統合された 3A スイッチモード バッテリー充電管理およびシステム パワー パス管理デバイスです。このデバイスは、入力逆電流ブロック電界効果トランジスタ (FET) (RBFET、Q1)、ハイサイド スwitchング FET (HSFET、Q2)、ローサイド スwitchング FET (LSFET、Q3)、およびシステムとバッテリーの間にあるバッテリー FET (BATFET、Q4) を高度に統合しています。パワー パスのインピーダンスが低いいため、スイッチモードの動作効率が最適化され、バッテリー充電時間の短縮と、放電フェーズにおけるバッテリー駆動時間の延長を実現できます。

スピーカ、産業用、医療用携帯型機器など、幅広いアプリケーションのために、本デバイスは、高入力電圧に対応した高速充電機能を備えています。入力電圧 / 電流レギュレーションにより、バッテリーに最大限の充電電力を供給できます。本リファレンス デザインにはハイサイド ゲートドライブ用のブートストラップ ダイオードも統合されているため、システム設計を簡素化できます。ハードウェア設定およびステータス レポートを利用すると、この充電リファレンス デザインを使い始めるための構成も簡単です。

このデバイスは、標準の USB ホスト・ポート、USB 充電ポート、USB 対応高電圧アダプタ、ワイヤレス電源など、幅広い入力ソースをサポートしています。このデバイスは、入力電流および電圧のレギュレーションにより、USB 2.0 および USB 3.0 の電力仕様に準拠しています。このデバイスは、D+/D- ピンを使用する内蔵 USB 検出機能に基づいてデフォルトの入力電流制限値を設定しています。本デバイスの内蔵 USB インターフェイスによって入力アダプタが未知であると識別された場合、本デバイスの入力電流制限値は、ILIM ピンの設定抵抗値により決定されます。

2.3.4 TPS62850

TPS62850x はピン互換で 1A、2A (連続) および 3A (ピーク) の高効率で使いやすい同期整流降圧 DC/DC コンバータ・ファミリです。これらのデバイスは、ピーク電流モード制御方式に基づいています。低抵抗のスイッチにより、連続で最大 2A、ピークでは 3A の出力電流を供給できます。Switching 周波数は 1.8MHz~4MHz の範囲で外部から変更でき、同じ周波数範囲の外部クロックと同期することもできます。PWM および PFM モードでは、TPS62850x は負荷が軽いときに自動的にパワーセーブ・モードへ移行するため、負荷範囲全体にわたって高い効率が維持されます。

TPS62850x は PWM モードで 1% の出力電圧精度を実現できるため、出力電圧精度が高い電源を設計するのに適しており、デジタル・プロセッサと FPGA の厳しい電源電圧要件を満たすことができます。

TPS62850x は 8 ピン 1.60mm x 2.10mm の SOT583 パッケージで供給されます。

2.3.5 HDC3020

HDC302x は、統合型で静電容量ベースの、相対湿度 (RH) および温度センサです。このデバイスは、広い電源電圧範囲 (1.62V~5.5V) にわたって高精度の測定が可能であり、非常に低い消費電力で小型の 2.5mm x 2.5mm パッケージで供給されます。温度センサおよび湿度センサは、製造時のセットアップで 100% テストおよび調整済みであり、このセットアップは NIST トレース可能で、ISO/IEC 17025 規格に従って校正済みの機器により検証されています。

オフセット誤差補正は、経年劣化、極端な動作条件への暴露、汚染物質によって発生する RH (相対湿度) センサのオフセットを低減し、デバイスを精度仕様の範囲内に戻します。バッテリーによる IoT アプリケーションの場合、自動測定モードとアラート機能により、MCU のスリープ時間を最大化して、システムの消費電力を低減できます。4 種類の I2C アドレスがあり、最大 1MHz の速度をサポートします。加熱素子を使用して、結露や水分を消失させることができます。

HDC3020 は、保護カバーなしのオープン・キャビティ・パッケージです。2 種類のバリエーションには、オープン・キャビティの RH センサを保護するカバー・オプションがあります。HDC3021 と HDC3022 です。HDC3021 は、取り外し可能な保護テープを備えており、コンフォーマル・コーティングと PCB 洗浄が可能です。HDC3022 は、恒久的な IP67 フィルタ・メンブレンを備えており、ほこり、水、PCB 洗浄から保護します。

2.3.6 OPT3005

OPT3005 は、可視光の強度を測定するセンサです。このセンサのスペクトル応答は、人間の目の明所視応答によく合致していると同時に、広い入射角にわたって **850nm** および **940nm** の赤外線を強力に除去します。

OPT3005 は、人間の目と同じように光の強度を測定するシングル チップのルクス メーターです。OPT3005 デバイスは、高精度のスペクトル応答と強力な赤外線 (IR) 除去を備えており、光の発生源や **850nm** もしくは **940nm** のアクティブ照明からの迷光にも影響を受けることなく、人間の目と同じように光の強度を正確に測定できます。強力な IR 除去機能があるため、産業用デザインにおいて (特に **850nm** あるいは **940nm** のアクティブ近赤外 (NIR) 照明の近くで) 暗色のガラス下にセンサを設置する必要がある場合でも、高い精度を維持できます。このようなシステムでは通常、カバー・ガラスから NIR の迷光が大量に発生するので、これが光センサの測定結果に影響を及ぼす場合があります。OPT3005 が持つ高精度の光学フィルタリングでは、このような NIR の迷光に対する復元力を検証済みであり、人間の目で認識される周囲光を正確に測定できます。OPT3005 は、光を基にしたエクスペリエンスを人間のために創出するシステム向けに設計されています。人間の目との一致度が低く IR 除去機能が劣る、フォトダイオード、フォトレジスタ、その他の周辺光センサの代替品に最適です。

内蔵のフルスケール設定機能により、手動でフルスケール範囲を選択することなく、**20m** ルクスから **166k** ルクスの測定に対応できます。この機能により、**23** ビットの実効ダイナミック・レンジにわたって光の測定が可能です。

2.3.7 DRV5032

DRV5032 デバイスは、超低消費電力のデジタル・スイッチ式ホール効果センサで、小型で長いバッテリー駆動時間が必要なシステム向けに設計されています。このデバイスは、各種アプリケーションに対応できるように多様な磁気スレッシュホールド、サンプリング・レート、出力ドライバ・タイプ、パッケージで提供しています。

印加されている磁束密度が **BOP** スレッシュホールドを超えると、デバイスは **Low** 電圧を出力します。出力は磁束密度が **BRP** 未満に低下するまで **Low** に維持され、その後でデバイスのバージョンに応じて **High** 電圧に駆動されるか、高インピーダンスに移行します。このデバイスには発振器が内蔵されており、**20Hz** で磁界をサンプリングして出力を更新します。また、消費電流を最小限に抑えるため **5Hz** で動作するバージョンもあります。オムニポーラとユニポーラの磁気応答が利用できます。

このデバイスは **VCC** が **1.65V**~**5.5V** の範囲で動作し、標準の **SOT-23**、**TO-92**、小型の **X2SON** パッケージに搭載されます。

3 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

3.1 ハードウェア要件

このリファレンス・デザインは以下のもので構成されます。

- ベース基板と、このベース基板に接続された IWRL6432FSPEVM。
- LAUNCHXLCC1352R1 ワイヤレス マイコン LaunchPad™:PC の GUI を使用して、BLE および「USB リンク上の UART エミュレーション」経由でベース基板と通信します。
- 1 本の 18650 リチウムイオン バッテリ:ベース基板と IWRL6432FSPEVM の電源として使います。
- GUI を備えた PC:レーダー センシング データと検出結果を視覚的に表示します。

3.1.1 ハードウェアの概要

3.1.1.1 IWRL6432FSPEVM の初期化: IWRL6432 のプログラミング

IWRL6432FSPEVM を初期化するため、以下の手順をすべて行います。

1. IWRL6432FSPEVM をベース基板 (J1) 上のレセプタクル コネクタに接続します。
2. ベース基板上の S3 を使うことで、IWRL6432 のセンス オン パワー (SOP) モードを選択します。表 3-1 に、SOP モードの説明を示します。「0」はピンを Low にプルすることを表し、「1」はピンを High にプルすることを表します。スイッチ S3 の位置「OFF」は「0」を表し、「ON」は「1」を表します。

表 3-1. SOP モード

モード	SOP0	SOP1	モードの説明
1	0	0	フラッシュ モード: IWRL6432 はユーザー アプリケーションを QSPI フラッシュに書き込みます。
2	1	0	機能モード: IWRL6432 は QSPI フラッシュから内部 RAM にユーザー アプリケーションを読み込み、RAM からアプリケーションを実行します。

3. 図 3-1 に示すように、SOP モードをフラッシュ モードに設定します。

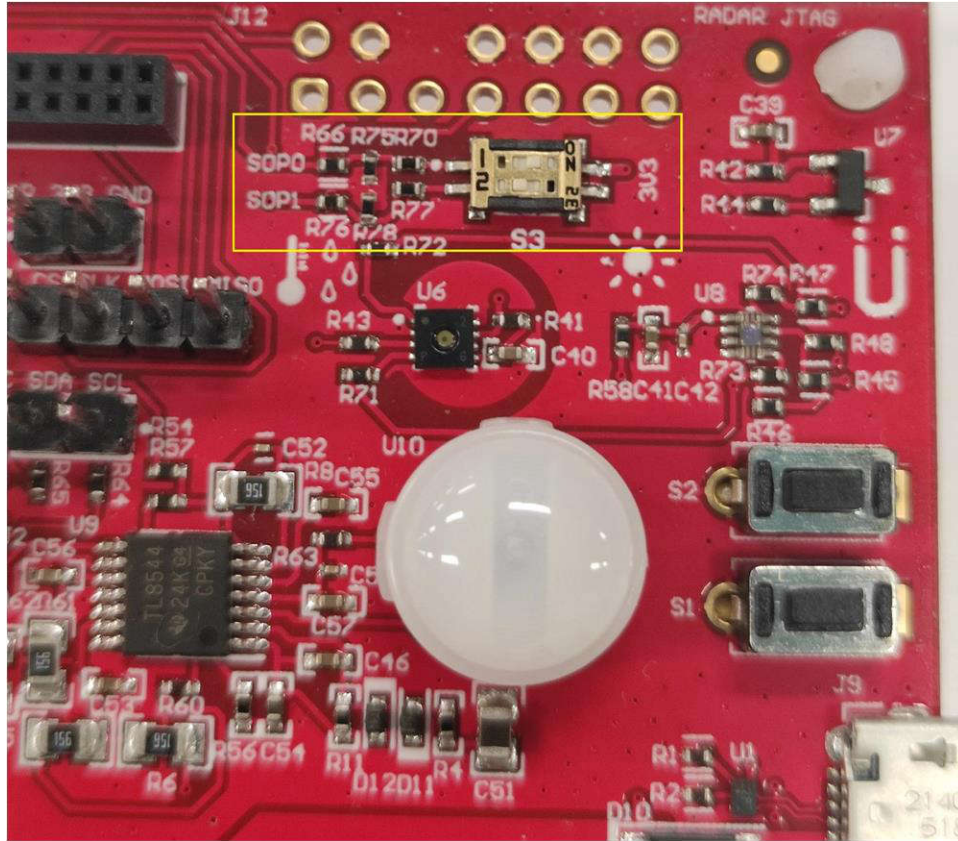


図 3-1. SOP のフラッシュ モードへの設定

- 図 3-2 に、LaunchPad の XDS ジャンパを示します。

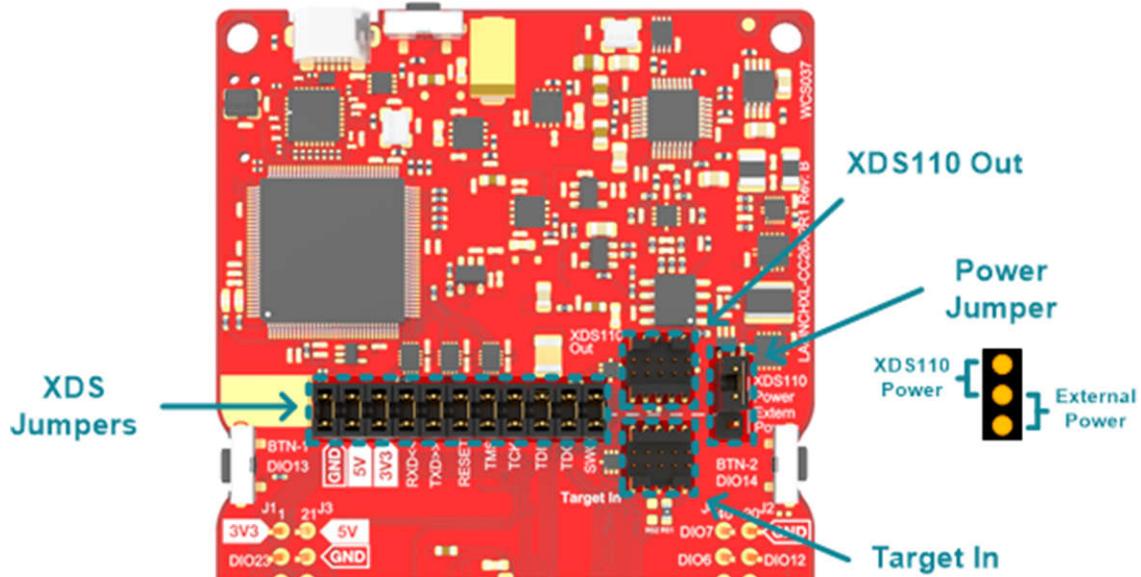


図 3-2. LaunchPad の XDS ジャンパ

- ベース基板上的の IWRL6432 UART ポートをデバッガの LaunchPad XDS110 UART ピンに接続するため、ジャンプワイヤを使います。

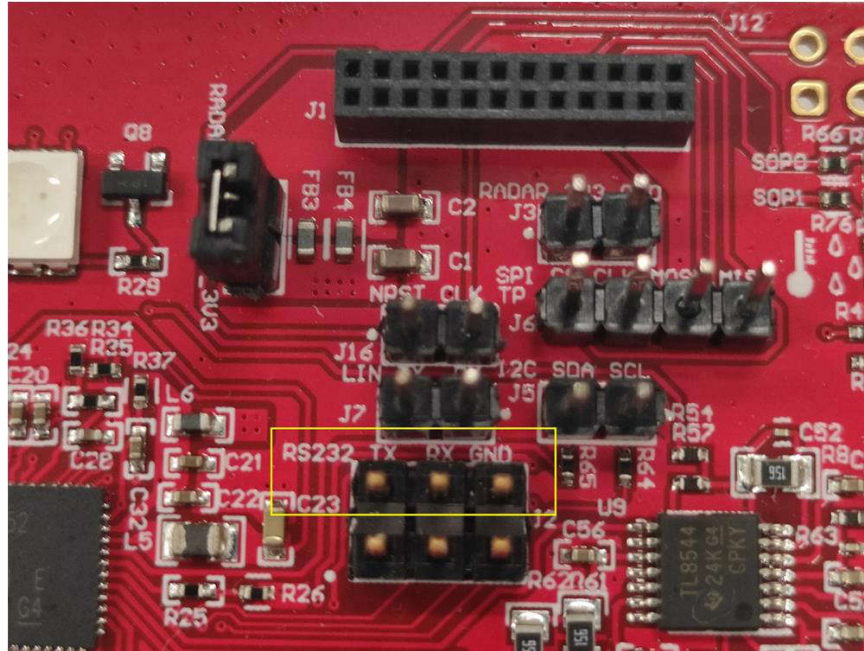


図 3-3. ベース基板上的の IWRL6432 UART ポート

- 1 本の 18650 リチウムイオン バッテリ、5V USB、外部 DC 電源のいずれかを使って、ベース基板と IWRL6432FSPEVM に電力を供給します。

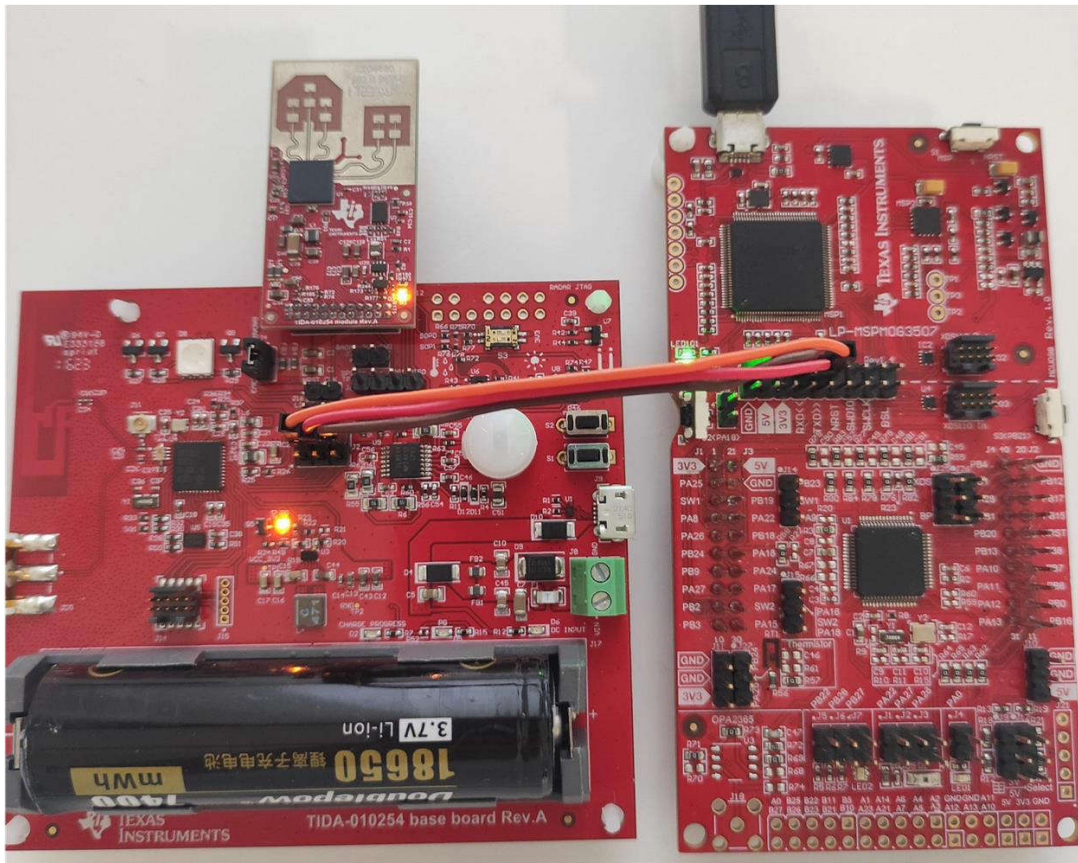


図 3-4. IWRL6432 のプログラミング用ハードウェア設定

IWR6432 はいつでもプログラミングできます。

テキサス・インスツルメンツは、IWR6432 にバイナリ ファイルをフラッシュ書き込みするためのミリ波ソフトウェア開発キット (SDK) を提供しています。この SDK を入手するには、[MMWAVE-L-SDK](#) ツールのページをご覧ください。

UNIFLASH ソフトウェアは IWR6432 のフラッシュ書き込みにも使用できます。

IWR6432 のフラッシュに書き込むには、次の手順を実行します。

1. UniFlash ソフトウェアを開きます。
2. [Category] ヘッダーから [mmWave] を選択します。
3. 利用可能なデバイスのフィールドから [IWR6432] を選択します。
4. [Start] ボタンをクリックします。

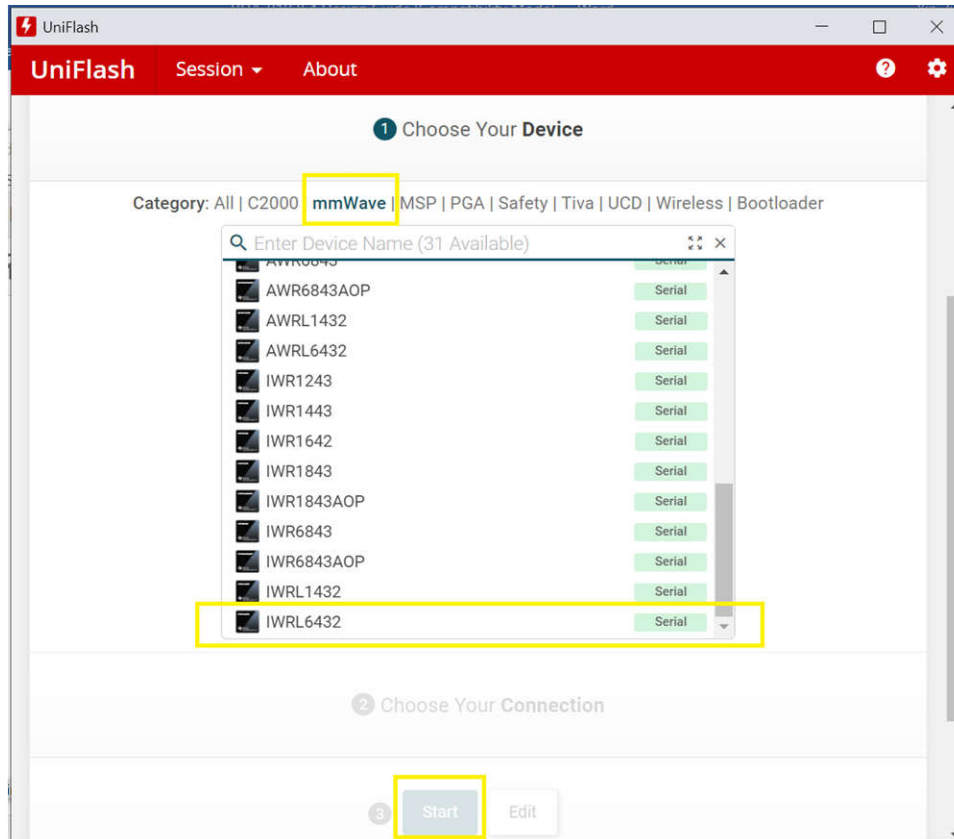


図 3-5. IWR6432 のための UniFlash ソフトウェアの設定

IWR6432 のプログラミングが完了した後、ベース基板上的 IWR6432 UART ポート (J2) からジャンパ線を取り外し、スイッチ S3 を使用して SOP モードを機能モードに設定します。

3.1.1.2 ベース基板の初期化:CC1352R のプログラミング

CC1352R デバイスを初期化するには、これらの手順に従います。

1. [図 3-6](#) に示すように、10 ピンのフラットリボン ケーブルを使用して、ベース基板の JTAG コネクタ (J14) を LaunchPad の XDS110 出力コネクタに接続します。

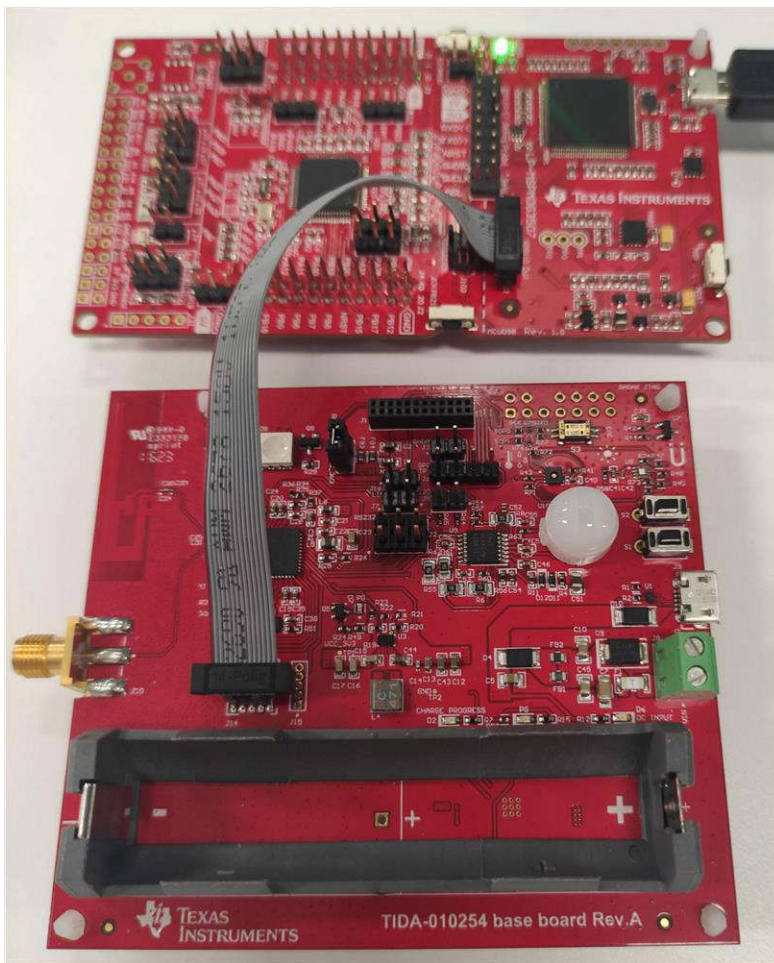


図 3-6. ケーブルの接続

2. バイナリファイルを CC1352R のフラッシュに書き込むには、UNIFLASH ソフトウェアまたは Code Composer Studio™ ソフトウェアを使います。[SIMPLELINK-LOWPOWER-F2-SDK](#) ツールのページを参照してください。
3. UNIFLASH ソフトウェアを開きます。
4. [Category] ヘッダから [Wireless] を選択します。
5. 利用可能なデバイスのフィールドから [CC1352R1F3] を選択します。
6. [Start] ボタンをクリックします。

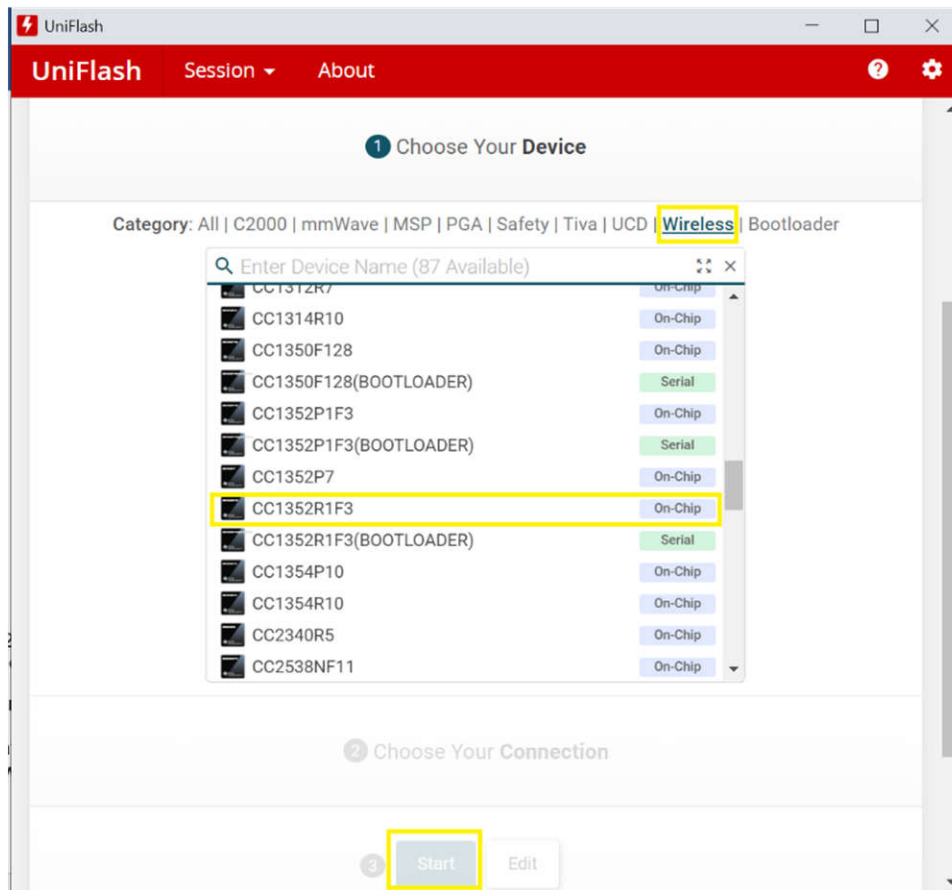


図 3-7. CC1352R のための UniFlash ソフトウェアの設定

3.2 ソフトウェア要件

このリファレンス・デザインは以下のもので構成されます。

- ミリ波 SDK のモーションおよび存在検出の例: IWRL6432 に固定 UART ボーレート (1250000) でフラッシュ書き込み済みです。ミリ波 SDK は [MMWAVE-SDK](#) から入手できます。IWRL6432FSPEVM で W25Q16JVUXIQ をサポートするには、例の `syscfg` のフラッシュ設定を変更します。
- SimpleLink SDK のシンプルなシリアル ソケット サーバーの例: ベース基板上の CC1352R に固定 UART ボーレート (1250000) でフラッシュ書き込み済みです。この特殊な SimpleLink SDK は、[simplelink_cc13x2_26x2_sdk-4.10.00.00](#) から入手できます。
- SimpleLink SDK のシンプルなシリアル ソケット クライアントの例: LAUNCHXLCC1352R1 ワイヤレス・マイコン (MCU) LaunchPad™ 上の CC1352R に固定 UART ボーレート (1250000) でフラッシュ書き込み済みです。SimpleLink SDK は、[simplelink_cc13x2_26x2_sdk-4.10.00.00](#) から入手できます。
- GUI と IWRL6432 構成ファイル: このソフトウェアはレーダー データを視覚的に表示します。

これらの例のバイナリファイルに関連デバイスのフラッシュに書き込むには、UniFlash ソフトウェアまたは Code Composer Studio™ ソフトウェアを使います。

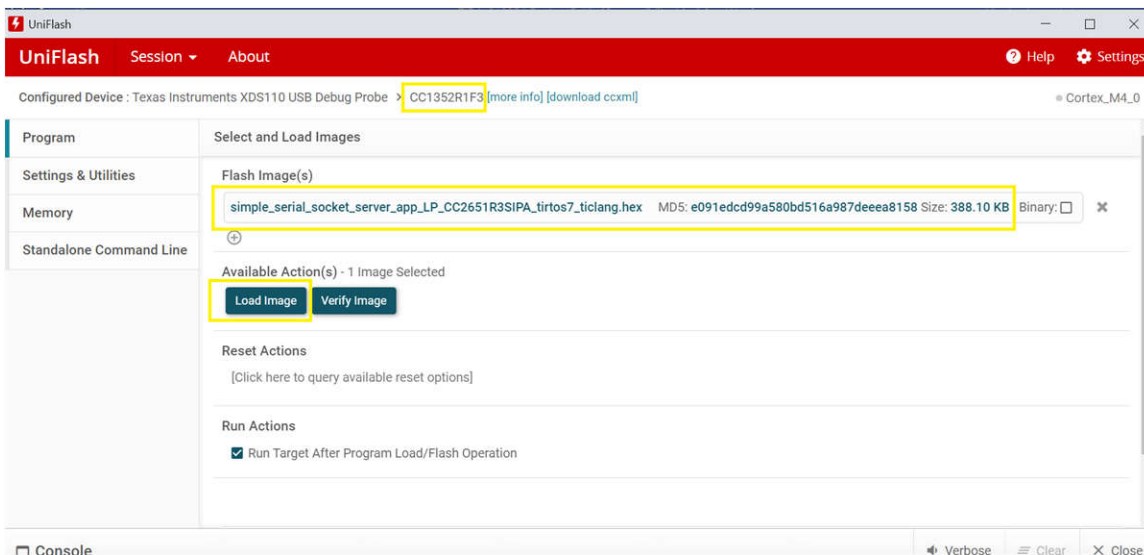


図 3-8. CC1352R のための UniFlash ソフトウェアによるイメージの書き込み

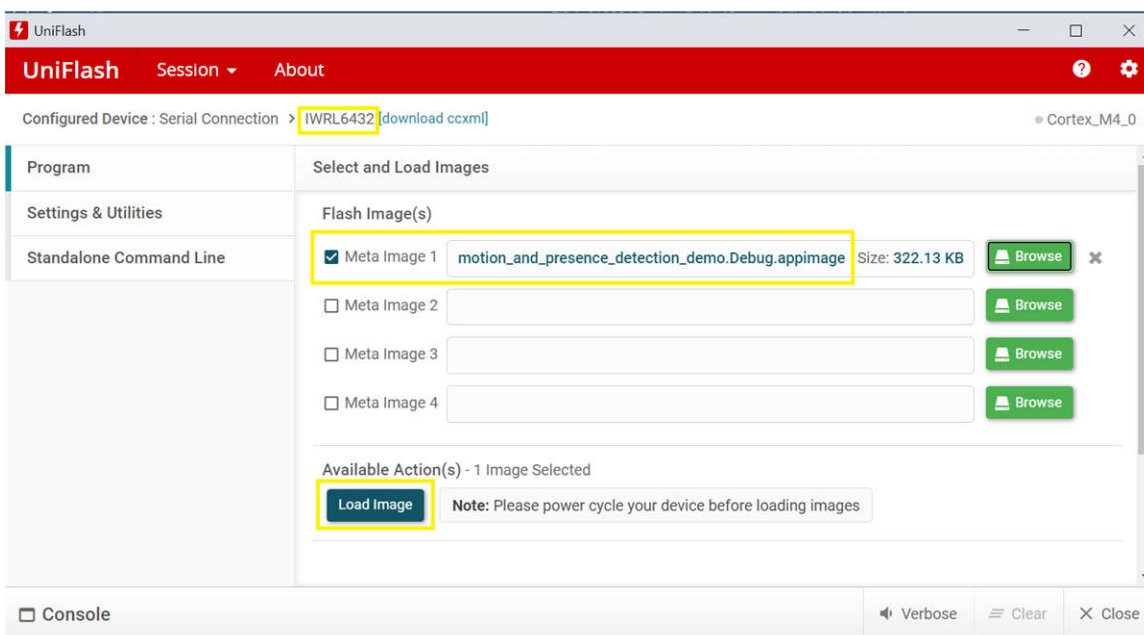


図 3-9. IWRL6432 のための UniFlash ソフトウェアによるイメージの書き込み

3.3 テスト設定

3.3.1 デモの設定

デモには、次の設定手順を使います。

1. ベース基板と IWRL6432FSPEVM を三脚に固定します。高さは地上 1.9m とし、下方向の傾きはありません (0 度)。
2. 1 本の 18650 リチウムイオン バッテリーでベース基板と IWRL6432FSPEVM に電力を供給します。

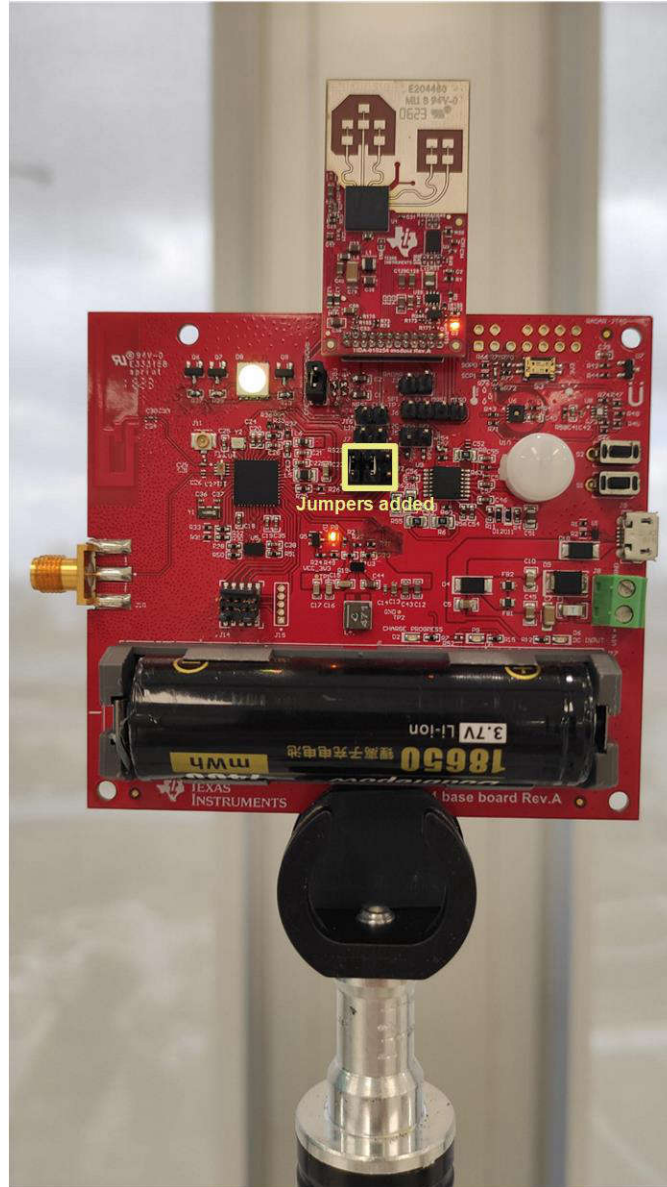


図 3-10. 三脚に固定されたベース基板と IWRL6432FSPEVM

3. USB ケーブルを使って、電力の供給と、LAUNCHXLCC1352R1 ワイヤレス・マイコン LaunchPad™ と PC との接続を行います。

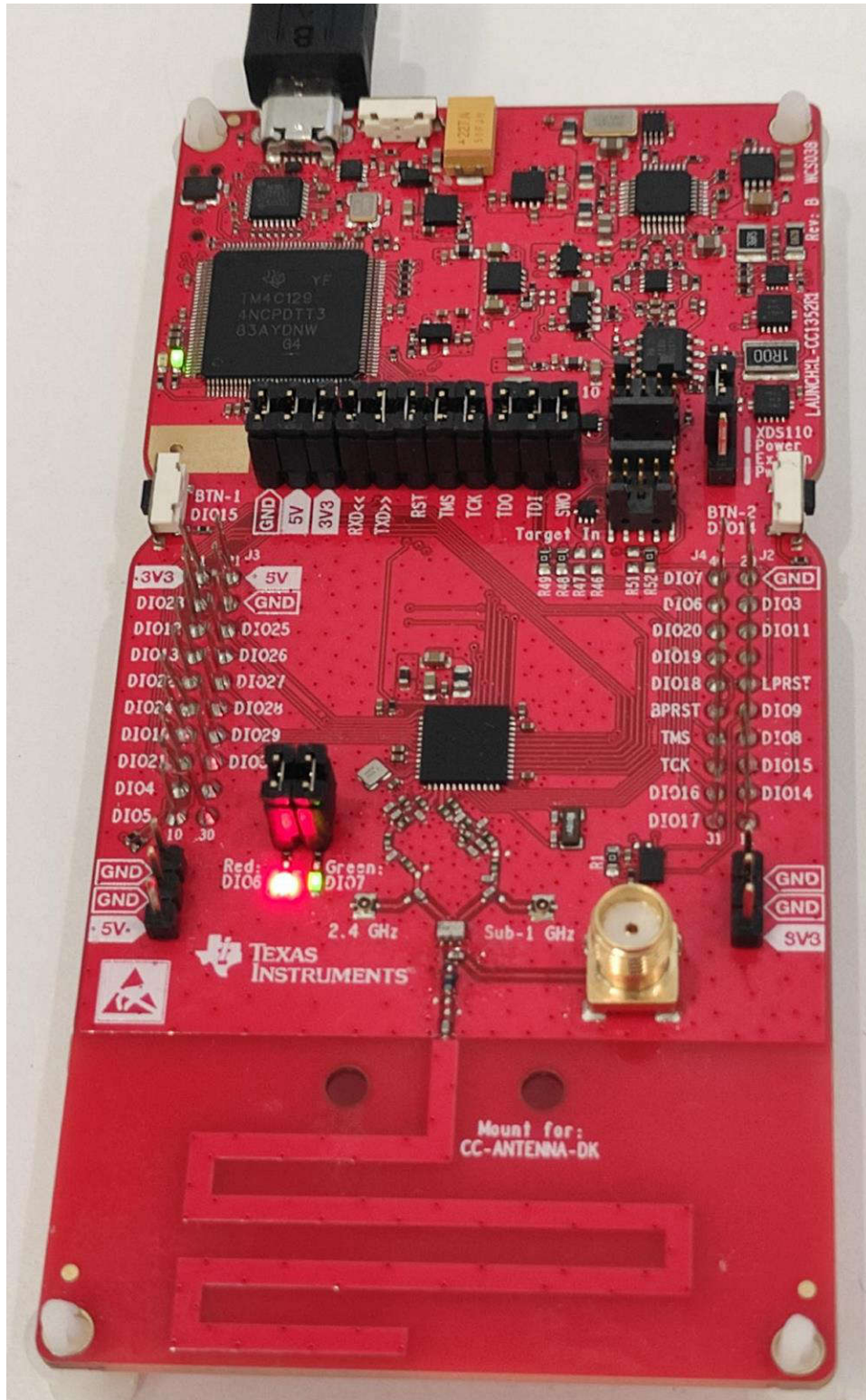


図 3-11. PC に接続された LAUNCHXLCC1352R1

4. ベース基板と IWRL6432FSPEVM から 1m 以内に LAUNCHXLCC1352R1 を配置します。



図 3-12. デモの配置の設定

5. PC で GUI ソフトウェアを実行し、デモを開始します。図 3-13 に示す 3 つのステップでボタンをクリックします。TIDA-010254 のステップ 2 の GUI 設定ファイルを参照してください。

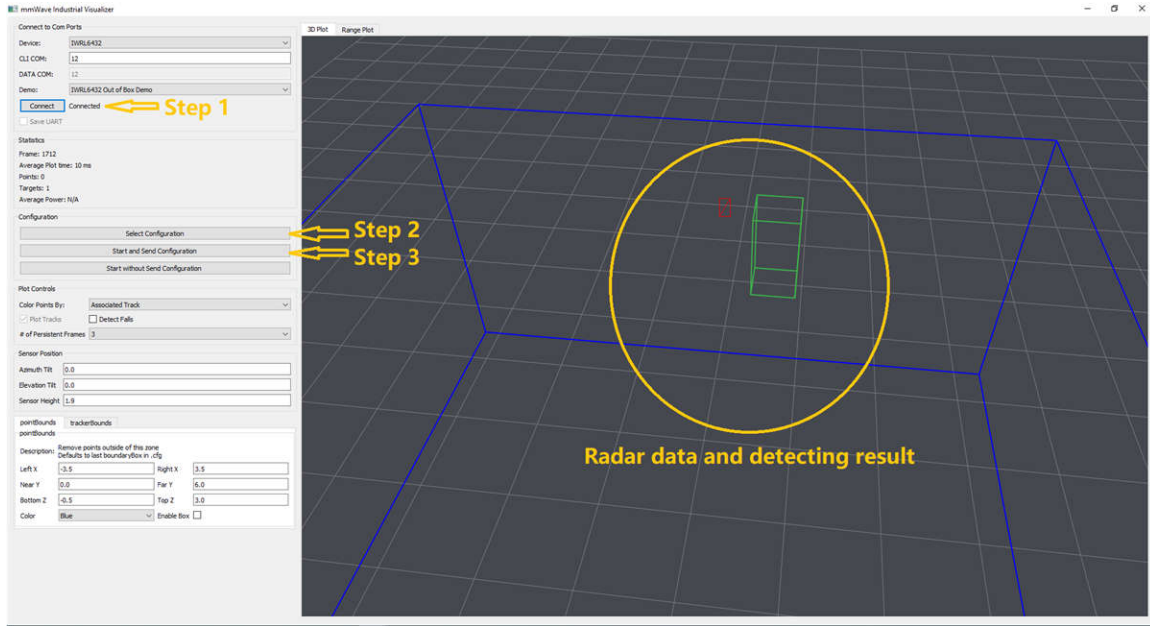


図 3-13. デモ用 GUI ソフトウェア

3.4 テスト結果

3.4.1 レーダー検出距離測定

IWRL6432FSPEVM は、XWRL6432BOOST と同様、FR4 を利用した PCB アンテナを使っています。これらのアンテナは 3 つの受信素子と 2 つの送信素子を持っています。

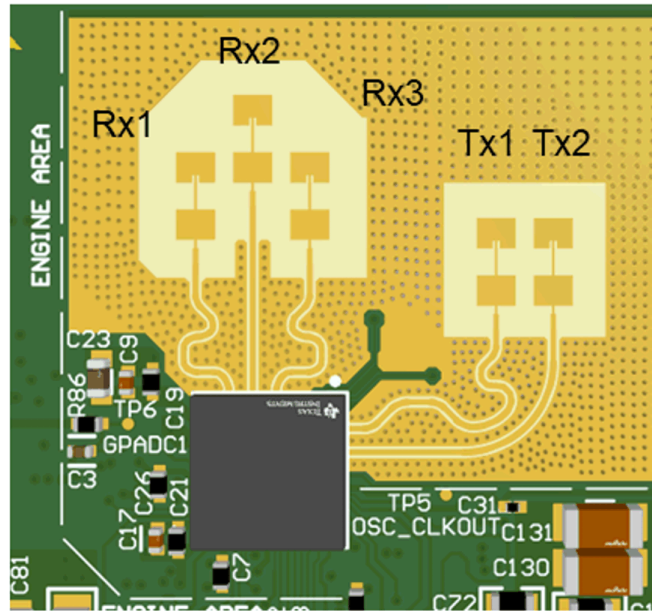


図 3-14. EVM の TX および RX アンテナ

注

XWRL6432BOOST のアンテナ ゲインは、各アンテナ対において約 5~6dBi です。

IWRL6432FSPEVM は、XWRL6432BOOST と同様の水平および垂直アンテナ放射パターンを持っています。

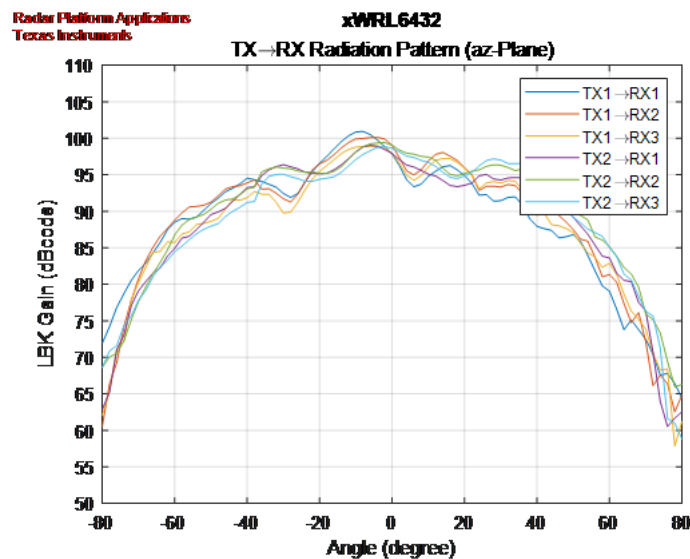


図 3-15. 水平アンテナ放射パターン

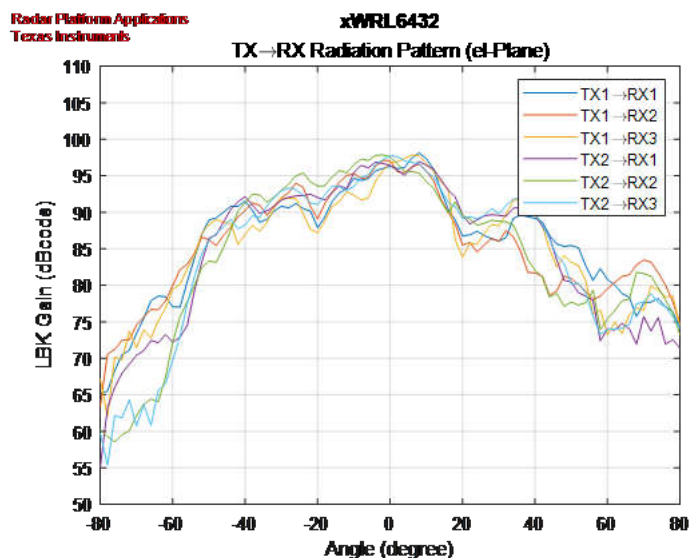


図 3-16. 垂直アンテナ放射パターン

表 3-2 に、レーダー検出距離測定の結果を示します。

表 3-2. レーダー検出距離

水平角度 (度)	0	30	60
モーション位置識別の例 ⁽¹⁾	9m	8m	5m
静的位置識別の例 ⁽¹⁾	10m	9m	6m

(1) テスト環境の制限により、10m を超えるテストは行っていません。

3.4.2 人数計測のテスト結果

このデモでは、GUI ソフトウェアによる 3 人の追跡を示します。

ミリ波による人物追跡と人数計測のテスト結果の詳細については、『IWRL6432 人物追跡』ユーザー ガイドを参照してください。

3.4.3 無線レンジのテスト結果

このデモでは、Bluetooth Low Energy (BLE) のシリアル ポート プロファイル (SPP) プロトコルを使って、レーダー検出データを GUI ソフトウェアに送信します。接続間隔などの BLE 設定には、シンプルなシリアル ソケット クライアントの例の最小値を使います。

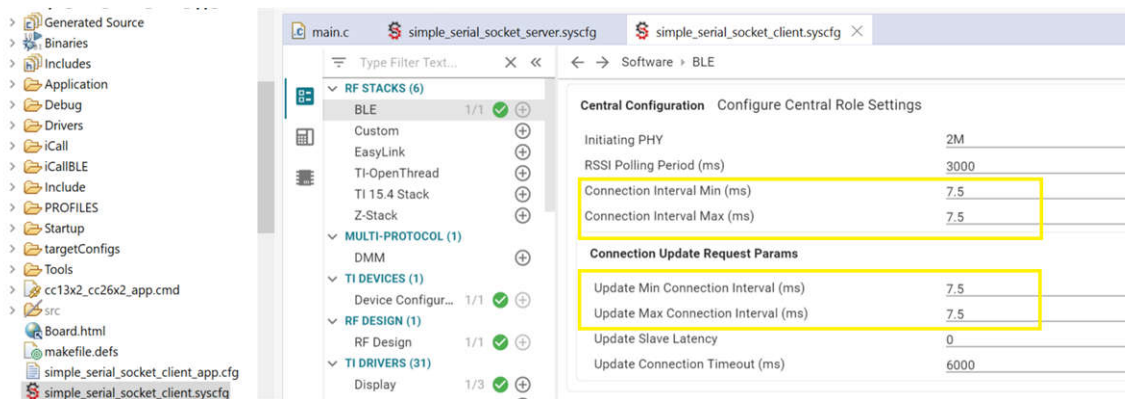


図 3-17. CC13x2R の BLE プロトコルの設定

このデモは、LAUNCHXLCC1352R1 の位置がベース基板と IWRL6432FSPEVM の近くであることを示しています。デモ中、その距離は屋外のオフィス環境で約 8m と測定されました。



図 3-18. 無線レンジのテスト

3.4.4 消費電力のテスト結果

デモ結果は、LAUNCHXLCC1352R1 の位置がベース基板と IWRL6432FSPEVM の近くにあることを示しています。

表 3-3 に、電力測定の結果を示します。電流は、IWRL6432FSPEVM と 18650 リチウムイオン バッテリの入力で測定しました。

表 3-3. 消費電力

測定デバイス	最小電流	平均電流	最大電流
18650 リチウムイオン バッテリ	7.33mA	33.37mA	160.20mA
IWRL6432FSPEVM (1)	0.59mA	27.82mA	155.27mA

(1) IWRL6432FSPEVM は低消費電力モードで最適化されています。たとえば、消費電力テスト中、LED と一部のプルアップが除去されています。

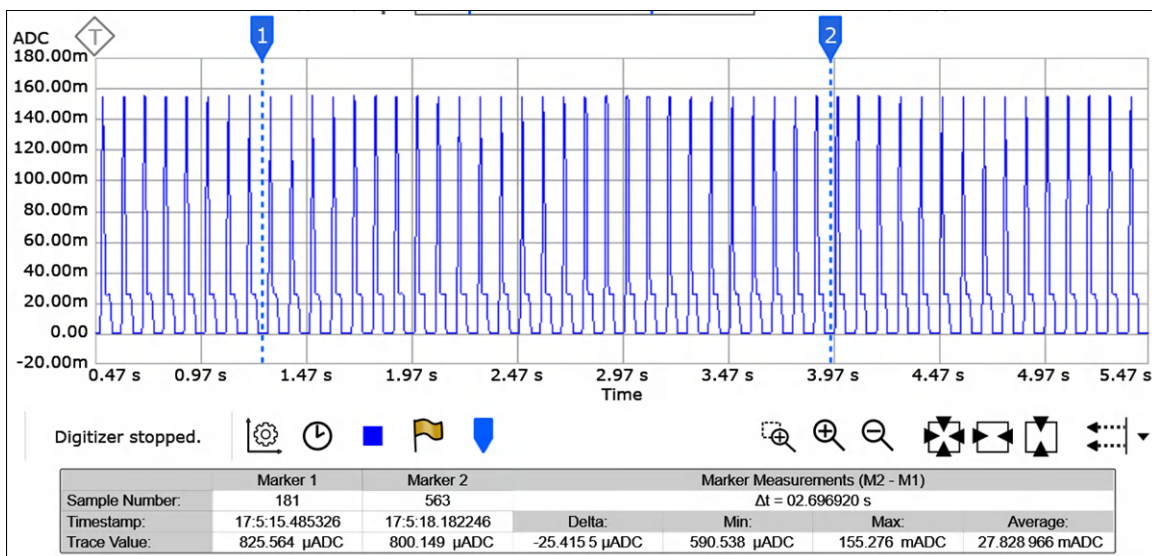


図 3-19. IWRL6432FSPEVM の電流波形

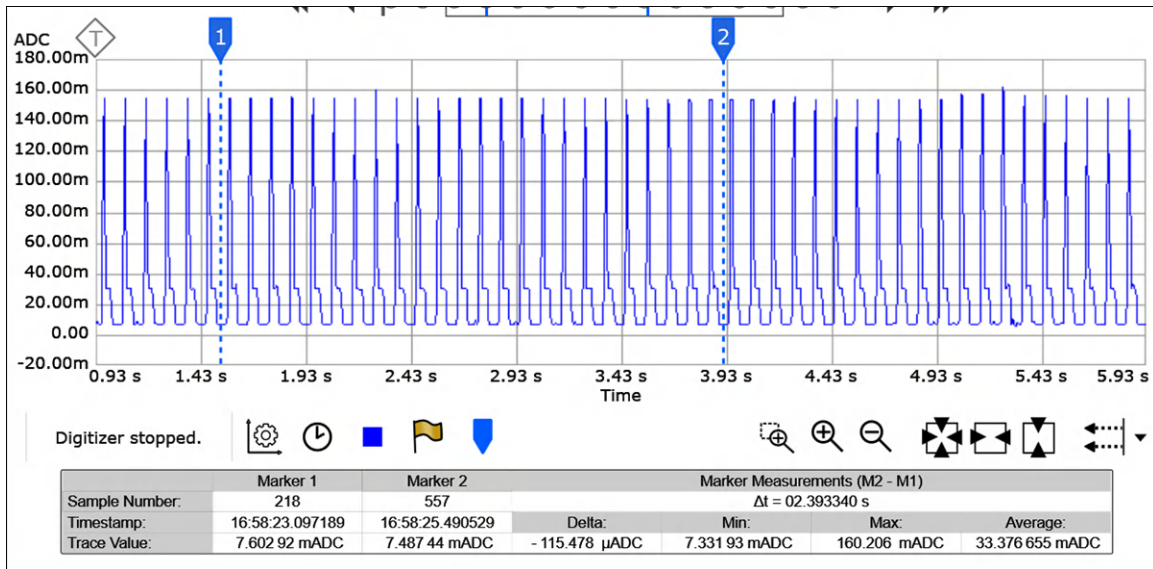


図 3-20. 18650 リチウムイオン バッテリーの電流波形

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 設計ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-010254](#) の設計ファイルを参照してください。

4.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-010254](#) の設計ファイルを参照してください。

4.1.3 PCB レイアウトに関する推奨事項

4.1.3.1 レイアウトのプリント

このリファレンス デザインの IWRL6432FSPEVM では、60GHz のアンテナと伝送線路の要件を満たすため、Isola 製の PCB 材料 FR408HR を使用しています。その他の層には FR408HR 3x1652 2x2116、1080 を使用しています。

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk
	Top Overlay		Overlay			
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.8mil	3.2
1	Top Layer		Signal	1oz	1.378mil	
	Dielectric 1	Isola FR408HR (DUAL PLY, 2x1067, SPREAD GLASS)	Core		5mil	3.3
2	L2_GND1		Signal	1oz	1.2mil	
	Dielectric 6	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
	Dielectric 5	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
	Dielectric 4	FR408HR 0.71 1652*3+2116*2	Core		27.95mil	3.85
	Dielectric 7	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
	Dielectric 2	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
3	L3_PWR1		Signal	1oz	1.2mil	
	Dielectric 3	Isola FR408HR (DUAL PLY, 2x1067, SPREAD GLASS)	Prepreg		5mil	3.3
4	Bottom Layer		Signal	1oz	1.378mil	
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.8mil	3.2
	Bottom Overlay		Overlay			

図 4-1. IWRL6432FSPEVM の PCB 層スタックアップ

4.1.4 Altium プロジェクト

Altium Designer® のプロジェクトをダウンロードするには、[TIDA-010254](#) の設計ファイルを参照してください。

4.1.5 ガーバー・ファイル

ボード用のガーバー ファイルをダウンロードするには、[TIDA-010254](#) の設計ファイルを参照してください。

4.1.6 アセンブリの図面

ボード用の組立図面をダウンロードするには、[TIDA-010254](#) の設計ファイルを参照してください。

4.2 ツールとソフトウェア

ツール

Code Composer Studio™ は、テキサス・インスツルメンツのマイコンとプロセッサ向けの統合開発環境 (IDE) です。Code Composer Studio は、組み込みアプリケーションの開発およびデバッグに必要な一連のツールで構成されています。Code Composer Studio は、Microsoft® Windows®, Linux®, macOS® のデスクトップからダウンロードできます。この製品は、TI **デベロッパー・ゾーン** にアクセスし、クラウド環境で使用することもできます。

ソフトウェア

Uniflash は、テキサス・インスツルメンツのマイコンやワイヤレス コネクティビリティ デバイスが搭載しているオンチップ フラッシュと、テキサス・インスツルメンツ製プロセッサ向けのオンボード フラッシュに対してプログラミング (書き込み) を行うためのソフトウェア ツールです。Uniflash は、グラフィカル・インターフェイスとコマンドライン・インターフェイスの両方を採用しています。

4.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス・インスツルメンツ、[『IWRL6432 シングルチップ 57~64GHz 産業用レーダー センサ』データシート](#)
2. テキサス・インスツルメンツ、[『CC1352R SimpleLink™ 高性能マルチバンド ワイヤレス マイコン』データシート](#)
3. テキサス・インスツルメンツ、[『IWRL6432BOOST シングルチップ、低消費電力ミリ波レーダー センサ向け BoosterPack™ プラグイン モジュール』](#)
4. テキサス・インスツルメンツ、[『低消費電力ミリ波レーダー ソリューションを活用し、バッテリー動作の近接センシング製品で新機能を実現』アプリケーション ブリーフ](#)

4.4 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ **E2E™ サポート・フォーラム** は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの [使用条件](#) を参照してください。

4.5 商標

LaunchPad™, TI E2E™, SimpleLink™, Code Composer Studio™, and テキサス・インスツルメンツ E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

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

Zigbee® is a registered trademark of ZigBee Alliance.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

Wi-SUN® is a registered trademark of Wi-SUN Alliance.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

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

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds.

macOS® is a registered trademark of Apple Inc.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

5 著者について

JUSTIN YIN は、テキサス・インスツルメンツのビル オートメーション システム エンジニアリングおよびマーケティング (SEM) チームに属するシステム エンジニアであり、ビル セキュリティ システムおよび防火システム向けセンシング リファレンス デザイン ソリューションの開発を担当しています。上海交通大学で制御工学の修士号を、上海工程技術大学でオートメーションの理学士号をそれぞれ取得しました。

COLIN HICE は、テキサス・インスツルメンツのビル オートメーション システム エンジニアリングおよびマーケティング (SEM) チームに属するシステム エンジニアです。コロラド州立大学で電気工学の理学士号を取得しました。レーダーおよび受動型赤外線ソリューションなど、ビル オートメーション アプリケーション向けスマート センシング設計の開発を支援した経験があります。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、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](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated