

Application Note

専用 RF を使用した SimpleLink CC2340R5 MCU によるステッパモーター制御



Ryan Brown

概要

このアプリケーション レポートでは、単一の MCU ソリューションでステッパ モーター設計に独自の RF プロトコルを追加する機能について説明します。ステッパ モーターは、ラジエータ バルブ、3D プリンタ、ロボット工学など、トランシーバを組み込むことで利点が得られるアプリケーションで一般的に使用されています。この資料で説明する資料は、SimpleLink CC2340R5 MCU が DRV8411 モータードライバを支援してこのタスクを実行できる方法を提示します。

この資料が提供するソリューションでは、TI.com で購入可能なハードウェア EVM と、[SimpleLink 低消費電力 F3 Demos GitHub](#) で無償で提供されるファームウェアを使用します。必要なハードウェア接続とファームウェアの動作について詳細に説明しており、開発者はステッパ モーターを入手すれば、自身でデモを実行し、さらに要件に合わせてプロジェクトを改良できるようになります。また、アプリケーション拡張のオプションとともに、読者が動作条件を十分に理解できるように、追加のテスト データも提供されています。

目次

1 はじめに.....	2
1.1 CC2340R5.....	2
1.2 ステッピング モーター.....	2
2 ステッパ モーター ハードウェア.....	4
2.1 ハードウェア設定.....	4
2.2 DRV8411EVM の設定.....	4
2.3 接続図.....	4
3 例を実行する.....	6
3.1 依存関係.....	6
3.2 ファームウェアの読み込み.....	6
3.3 ローカル ステッパ モーター制御.....	6
3.4 独自 RF を使用したリモートコントロール.....	7
4 ファームウェア設計.....	8
4.1 コード フローの説明.....	8
4.2 ADCBuf.....	8
4.3 電源.....	9
4.4 アプリケーション イベント.....	9
4.5 ステップ テーブル.....	9
4.6 故障検出ピン.....	9
5 テストと結果.....	10
6 まとめ.....	13
7 参考資料.....	14

商標

SimpleLink™ is a trademark of Texas Instruments.

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

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

SimpleLink™ CC2340R5 は、512kB のフラッシュと 36kB または 64kB の SRAM を搭載した、強力で低コストのマイコン (MCU) で、Arm® Cortex®-M0+ と 2.4GHz の無線を採用しています。これらの機能により、さまざまな無線プロトコルに対応する多数の最終アプリケーションを、單一チップ設計で実現することができます。このアプリケーションレポートでは、1 つのインスタンスを取り上げ、このデバイスを使用してより広い可能性を証明します。

DRV8411 モーター ドライバと組み合わせることで、独自の RF 無線通信などを使用して、CC2340R5 を使用したさまざまなステッピング モードを使用したステッパ モーター制御が可能になります。このガイドでは、このアプリケーションを実現するために必要なハードウェアとソフトウェアの実装について詳細に説明し、有効になっているオプション機能へのコメントを示します。このレポートを読むことで、ユーザーはステッパ モーター制御と CC2340R5 開発の両方に関する知識を深め、類似のコンセプトを独自の設計に確実に使用できるようになります。

1.1 CC2340R5

CC2340R ファミリは SimpleLink™ MCU プラットフォームの一部であり、このプラットフォームには Wi-Fi®、Bluetooth Low Energy、Thread、Zigbee、Sub-1GHz MCU、ホスト MCU が含まれます。これらはすべて、共通の使いやすい開発環境、單一コアのソフトウェア開発キット (SDK)、および充実したツール セットを共有しています。これらのデバイスは、ビルディング オートメーション (ワイヤレス センサ、照明制御、ビーコン)、アセット トラックング、医療、リテール EPOS (電子 POS)、ESL (電子棚札)、パーソナル エレクトロニクス (玩具、HID、スタイルス ペン) の市場における低消費電力のワイヤレス通信と OAD (Over the Air Download) サポートに最適化されています。

LP-EM-CC2340R5 開発キットは、Bluetooth 5 Low Energy および 2.4 GHz 専用プロトコルに対応した SimpleLink Bluetooth Low Energy MCU の開発を加速するために使用されます。ソフトウェアサポートは、無償で提供されている [/CCSTUDIO IDE](#) を使用して構築できる [SIMPLELINK-LOWPOWER-F3-SDK](#) によって提供されています。機能には、BoosterPack™ プラグイン モジュール コネクタを介したすべての I/O 信号へのアクセスや、TI SimpleLink Connect を使用して LaunchPad 開発キットをスマートフォンに接続する機能が含まれます。プログラミング、デバッグ、および RF 評価を行うには、[LP-XDS110ET](#) または LP-XDS110 デバッガ (別売) が必要です。

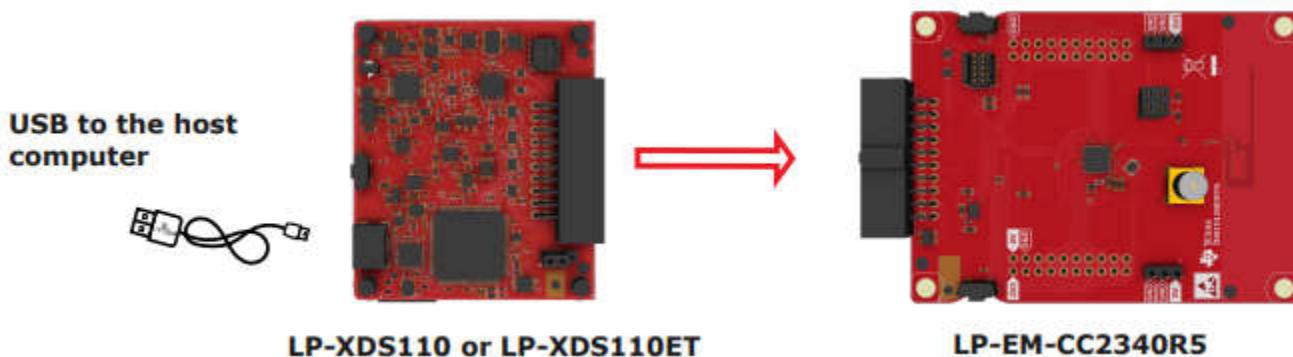


図 1-1. LP-XDS110ET および LP-EM-CC2340R5 の接続

1.2 ステッピング モーター

ステッパ モーターはブラシレス DC モーターであり、高精度のステップを使用して正確な位置決めを実現します。これは、あらかじめ定められた順序 (ステップ) で電磁コイルに通電し、モーターのロータをステータの極と整列させることで実現されます。各ステッパ モーターには、その特性によって決まるステップ角があり、期待されるトルクを得るために使用すべき推奨電圧とフェーズ電流値も定められています。



www.pololu.com

図 1-2. ステッピング モーター

2 ステッパー モーター ハードウェア

2.1 ハードウェア設定

以下のセクションでは、入手が必要なハードウェア、EVM 上で実施する設定変更、デフォルトのファームウェア ソリューションを変更せずにサンプルを実行するために必要な接続について説明します。

2.2 DRV8411EVM の設定

図 2-1 に、適切な場所にジャンパを実装した DRV8411EVM 基板を示します。このハードウェアとのインターフェイス方法の詳細については、『DRV8411EVM ユーザー ガイド』を参照してください。

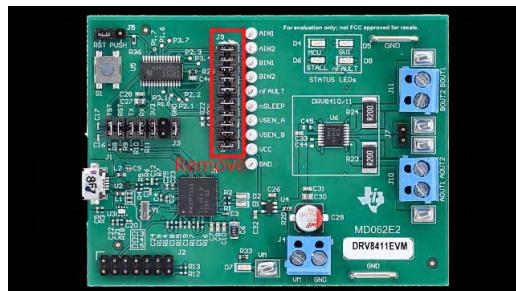


図 2-1. DRV8411EVM のハードウェア設定

2.3 接続図

表 2-1 は、ステッパー モーター デモを実現するための DRV8411EVM と CC2340R52 間の接続です。

表 2-1. CC2340R5 と DRV8411EVM の間の接続

接続	CC2340R5 機能	CC2340R5 ピン	DRV8411EVM
位相 A1	デジタル出力	DIO23	AIN1
位相 A2	デジタル出力	DIO2	AIN2
位相 B1	デジタル出力	DIO5	BIN1
位相 B2	デジタル出力	DIO25	BIN2
故障インジケータ	デジタル割り込み入力	DIO18	nFAULT
スリープ モード	デジタル出力	DIO1	nSLEEP
A 相の電圧	ADC 入力	DIO24	VSEN_A
B 相の電圧	ADC 入力	DIO0	VSEN_B
共通の GND	該当なし	GND	GND

ステッパー モーターの配線は、モーター メーカーが指定する向きで DRV8411EVM の出力端子に接続する必要があります。DRV8411EVM の VM/VCC 電源は、LP-EM-CC2340R5 とは別に供給する必要があります。これは、LP-XDS110(ET) ではステッパー モーターの駆動に必要な電流を十分に供給できないためです。最終結果は、図 2-2 のようになります。

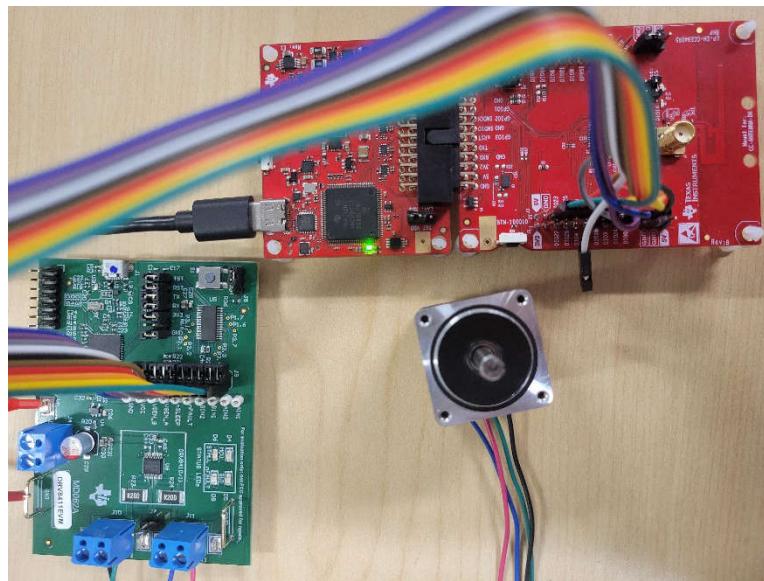


図 2-2. 物理ハードウェアのセットアップ

3 例を実行する

次のセクションでは、ファームウェアの詳細と、各コンポーネントがどのように連携してステッパ モーターを駆動し、無線対応デバイスによって制御を行うかについて説明します。

3.1 依存関係

SimpleLink 低消費電力 F3 デモ GitHub で提供されるコードプロジェクトは、SimpleLink F3 SDK v9.11.0.18、SYSConfig Configuration Tool v1.22、TI CLANG v4.0.3 コンパイラを使用しています。プロジェクトを Code Composer Studio (CCS) v20 以降にインポートする前に、これらの依存関係がすべてマシンにインストールされていることを確認します。環境設定の詳細な例については、以下の SimpleLink Academy Lab を参照します: [Resource Explorer](#)。上記以外の依存バージョンの移行およびサポートは、ユーザーが責任を負うことに注意してください。

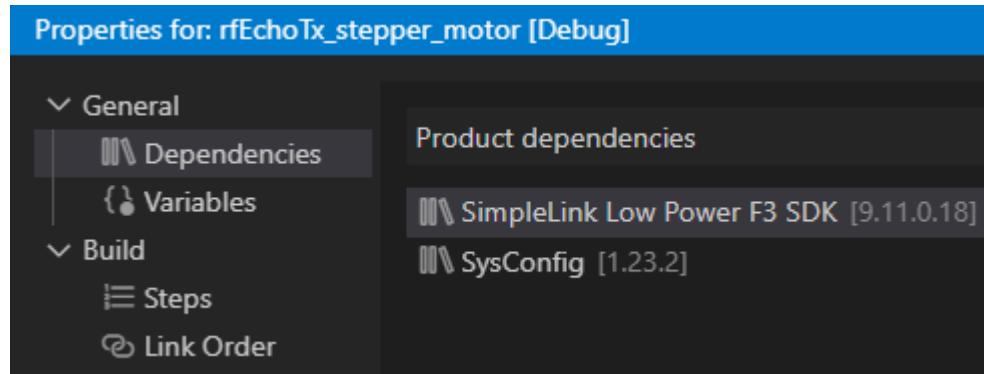


図 3-1. CCS のプロパティ

以下に 2 つのプロジェクトを紹介します

- rfEchoTx_stepper_motor: これはステッパ モーターを制御する CC2340R5 デバイスに関するものであり、本書の中心的な内容となります
- rfEchoRx: これは、専用 RF を介してステッパ モーター コマンドを rfEchoTx_stepper_motor に送信するための補助的な CC2340R5 プロジェクトです

3.2 ファームウェアの読み込み

CCS 内でビルトされたプロジェクトは、IDE 上で「Run」(実行) → 「Flash Project」(プロジェクトのフラッシュ) (Ctrl + F5) または「Debug Project」(プロジェクトのデバッグ) (F5) を選択することで直接ロードできます。プロジェクトをアクティブにデバッグしていない場合は、フリーラン実行を許可するためにデバッグ モードを終了することを推奨します。バイナリイメージをロードするために、[Uniflash](#) ソフトウェアツールの使用も検討してください。

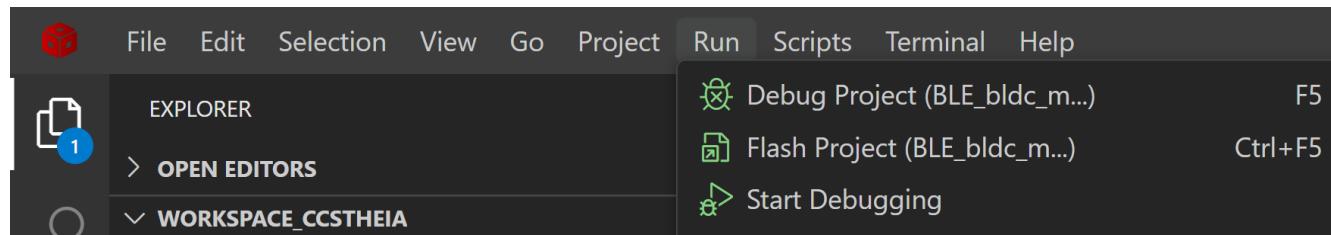


図 3-2. CCS ロード オプション

3.3 ローカル ステッパ モーター制御

rfEchoTx_stepper_motor のみを使用してローカルでステッパ モーターの動作をテストするために、LaunchPad のプッシュ ボタンは、BTN-1 を押すと反時計回りに、BTN-2 を押すと時計回りにステッパ モーターが回転するように設定されています。LP-EM-CC2340R5 ボードと DRV8411EVM ボードの両方に電源が入っており、CC2340R5 のファームウェアがプログラムされていることを確認します。一動作あたりの速度とステップ数は、`stepper_motor.c` の以下の定義に依存します

表 3-1. ステッピング モータ アプリケーションの定義

定義	デフォルト	単位	機能
FULL_STEP	未定義	該当なし	ファームウェアが全ステップ波形を生成します
HALF_STEP_SLOW	未定義	該当なし	ファームウェアは、スロー ディケイ用のハーフ ステップ波形を生成します
HALF_STEP_FAST	定義済み	該当なし	ファームウェアは、ファスト ディケイ用のハーフ ステップ波形を生成します
STEP_FREQUENCY	400	Hz	1 秒あたりのステップ数
NUMBER_STEPS	400	整数	アクションあたりのステップ数
ADC_SAMPLE_SIZE	100	整数	ADC バッファのサイズ
ADC_PER_STEP	50	μs	ステップごとに実行された ADC 測定数
WINDOW_HIGH	1500	整数	ADC ウィンドウ コンパレータの 12 ビット スレッショルド

この例では、ステップ角が 1.8° (1 回転あたり 200 ステップ) のステッパ モーターを使用しており、1 秒間に 400 ステップ動作することで、モーターは 2 回転を完了できます (1 秒あたり 400 ステップ)。

3.4 独自 RF を使用したリモートコントロール

モーターが正しく動作することを確認した後、専用 RF プロジェクトを実行しているリモートの LP-EM-CC2340R5 デバイスを追加できます。この例には、rfEchoRx をわずかに変更したバージョンが含まれており、rfEchoTx_stepper_motor がパケットを要求するたびに、同様のボタン機能が専用 RF 無線を介して送信されるように実装されています。ステッパ モーター コードの rfEchoTx 部分と通信するためには、*.syscfg ファイルで SysConfig → RF Stacks → Custom の設定を完全に一致させる必要があります。

表 3-2. 独自の RF アプリケーション定義

定義	デフォルト	単位	プロジェクト	機能
MAX_LENGTH	10	整数	両方	パケットあたりのデータ バイト数
PACKET_INTERVAL	20000000	¼ ms	rfEchoTx	パケットイベントの間隔
TX_DELAY	40000	¼ ms	rfEchoRx	応答を送信するまでの遅延
RX_TIMEOUT	80000	¼ ms	rfEchoTx	応答待機中のタイムアウト
FREQUENCY	2412000000	Hz	両方	独自 RF 周波数

rfEchoRx CC2340R5 LaunchPad に変更を加える必要はありません。正しく設定され、両方の LaunchPad がプログラミングされて電源が入っていれば、rfEchoRx LaunchPad 上の BTN-1 または BTN-2 を押すことで、PACKET_INTERVAL が経過した後、rfEchoTx_stepper_motor LaunchPad がパケットを受信し、それぞれ反時計回りまたは時計回りにステッパ モーターが回転するのを確認できます。

4 フームウェア設計

デフォルトのステッパ モーター プロジェクトが意図したとおりに動作しているため、ファームウェアをさらに分析します。

4.1 コード フローの説明

図 4-1 は、CC2340R5 コード内で使用されるプロセスのシンプルなコード ブロック図です。この機能は、*stepper_motor.c* ファイルで実現されます。

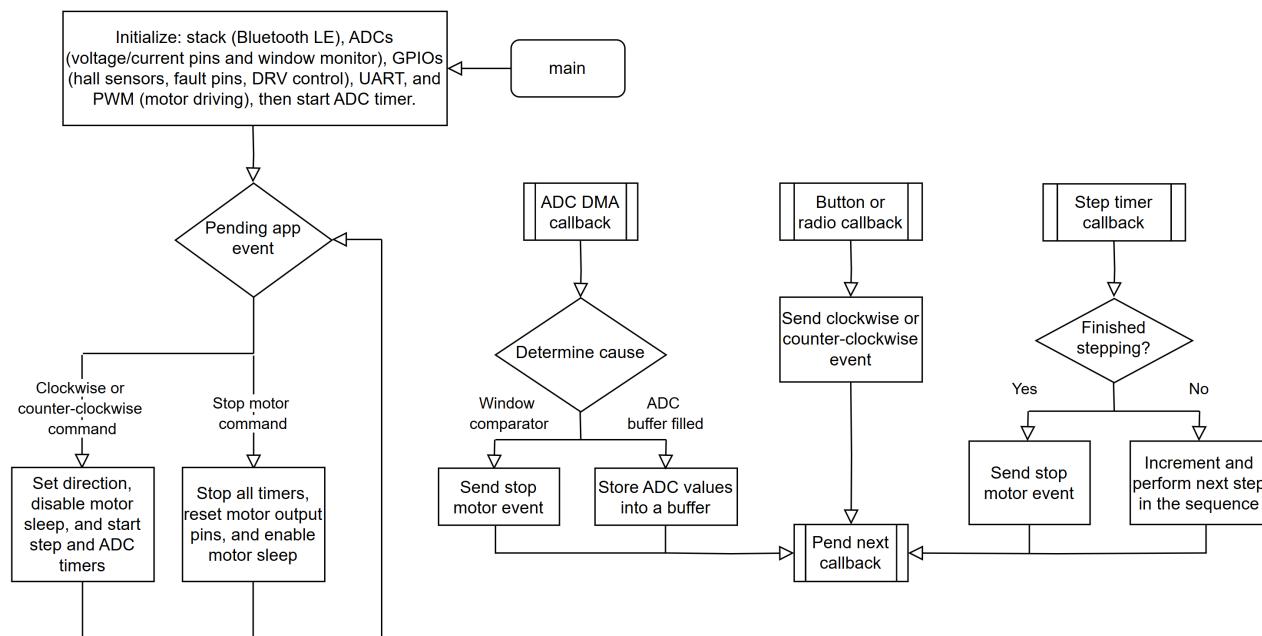


図 4-1. ステッパ モーターのコード図

main 関数は、ステッパ モーターのサンプルが動作するために必要なすべての TI ドライバとタイマーを初期化します。**main** の **while** ループに入ると、ハードウェア コールバックによってイベントが設定されるまで、後続の処理を保留できます。サブルーチンを介して対応するアクションを処理した後、イベントがリセットされ、プロセスが繰り返されます。

いくつかの例外を除き、すべてのハードウェア コールバックは単にイベントをポストし、メイン アプリケーションで処理されます。例外は **ADCBuf** コールバックであり、このコールバックはステータスを即座に処理し、ウィンドウ コンパレータのスレッショルドを超えた場合を除いて、メイン アプリケーション ループでの追加処理を要求しません。

4.2 ADCBuf

デフォルトの **ADCBuf** は、反復シングル モードで 1 つのチャネルで動作します。このアプリケーションでは、**VSEN_A** と **VSEN_B** の両方で 2 つの連続的なチャネル変換が保証されているため、カスタム **ADCBufLPF3.c** をプロジェクトのメイン ディレクトリに追加することで、繰り返しシーケンス モードを使用します。これにより、データは単一のメモリ レジスタではなく、ADC ペリフェラルの FIFO を介して転送されます。

元の TI ドライバは、その後の ADC 変換を自動的に開始することも選択します。これは、ステップごとに定められた回数の測定を行う必要があるステッパ モーター設計の目的には適していません。そのため、ADC は LGPT トリガに基づいて変換を開始するように設定されています。ステップごとの ADC 測定レートは、**ADC_PER_STEP** の定義によって決定されます。各インターバルで 2 つの測定が行われるため、**ADC_SAMPLE_SIZE** を 2 で除算すると、ADC コールバックの周波数が決まります。これは、ADC バッファを増やすために使用可能な RAM の量にも依存します。

ADCBuf コールバック動作には、*stepper_motor.c* ファイルで初期化されるウィンドウ モニタの上限割り込みのステータス処理も含まれます。こうすることで、アプリケーションに大電流イベントを通知し、トリガされたときにモーターを直ちに停止できます。値は、TI ドライバに含まれる API を使用して、デフォルトでマイクロボルト単位に調整および変換されています。

4.3 電源

カスタム ポリシー関数が `stepper_motor.c` に追加され、CPU がアクションを実行していないときにアイドル状態に費やされた時間数をカウントします。これは、アプリケーションの合計 CPU 使用率の測定値としてユーザーに報告されます。

`stepper_motor.syscfg` SysConfig ファイル パワー モジュールは、このカスタム ポリシー関数を直接参照して、この関数が使用されます。この機能は、テストおよび評価目的でのみ使用します。

4.4 アプリケーション イベント

ユーザー操作またはハードウェアコールバックがイベントを設定すると、次のルーチンによって処理されます。

表 4-1. アプリケーションのルーチンと関数

ルーチン	機能
<code>ACTION_CCLOCK</code>	モーターの動作が行われていない場合は、方向およびアクション変数を適切に設定し、 <code>ACTION_START</code> を設定します
<code>ACTION_CLOCK</code>	モーターの動作が行われていない場合は、方向およびアクション変数を適切に設定し、 <code>ACTION_START</code> を設定します
<code>ACTION_START</code>	モーターを起動するには、スリープ ピンを <code>High</code> にし、モーター ステップ クロックを開始し、ADC 変換を開始し、ADC 測定用の LGPT 同期タイマを初期化します
<code>ACTION_STOP</code>	モーターを停止するには、 <code>ACTION_START</code> で開始されたすべてのペリフェラルを停止し、スリープ ピンを <code>low</code> にします

4.5 ステップ テーブル

モーター タイマが満了するたびに、ステップ数がインクリメントされ、評価されます。ステップがこれ以上残っていない場合、`ACTION_STOP` アプリケーション イベントが呼び出されます。それ以外の場合、`case` 文を使用して、モーター出力 ピンの現在のステップを完了するための次の処理を判定します。反復回数はステップ モードに依存し、`FULL_STEP` の場合は 4 回、`HALF_STEP_SLOW` または `HALF_STEP_FAST` の場合は 8 回となります。一度に選択できるステッピング モードは 1 つだけです。

4.6 故障検出ピン

DRV8411 がステッピング モーターの性能でエラーを検出すると、`nFault` ピンは強制的に `low` になります。CC2340R5 は、対応するピンを割り込みとして構成しており、`ACTION_STOP` イベントを即座に呼び出すことでモーター出力 ピンの波形を中止できます。

5 テストと結果

ロジック アナライザを使用して、CC2340R5 から DRV8411 に送信されている波形を検証します。その一例として、ファストディケイモードでのハーフステップ動作を以下に示します。

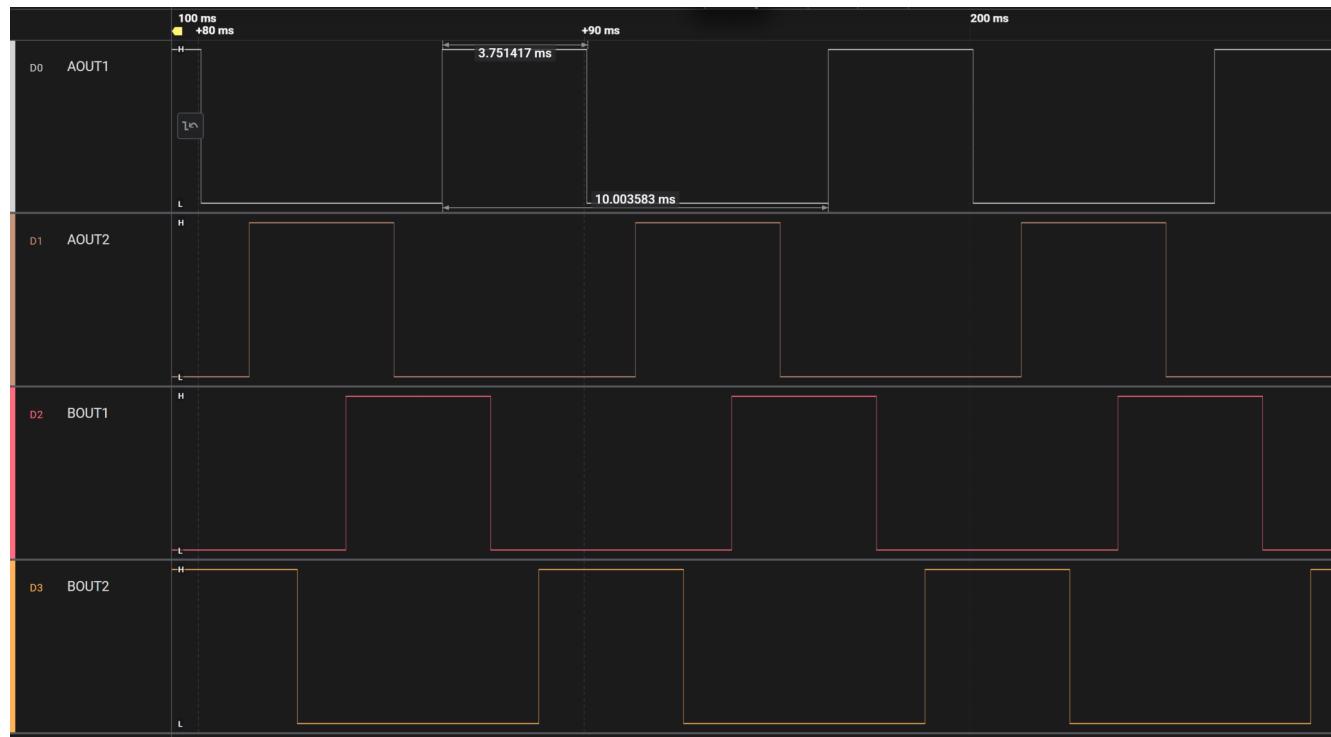


図 5-1. ファストディケイモードにおけるハーフステップ動作時のステッパモーター波形

デバッグセッション中に、Code Composer Studio の Watch ウィンドウを使用して ADC 値を監視できます。次の図では、偶数エントリは VSEN_A と表示され、奇数エントリは VSEN_B を反映しています。この短い時間の間に、両方のモーター フェーズがアクティブに駆動されていることが確認できます。時間の経過とともに両方の値が上昇しているためです。

microVoltBuffer: 536885440	0x200038C0
[0]: 727696	0x200038C0
[1]: 108784	0x200038C4
[2]: 742192	0x200038C8
[3]: 126528	0x200038CC
[4]: 754288	0x200038D0
[5]: 141024	0x200038D4
[6]: 763952	0x200038D8
[7]: 155536	0x200038DC
[8]: 775232	0x200038E0
[9]: 166816	0x200038E4
[10]: 788128	0x200038E8
[11]: 181312	0x200038EC
[12]: 795392	0x200038F0
[13]: 191792	0x200038F4
[14]: 807472	0x200038F8
[15]: 206304	0x200038FC
[16]: 815536	0x20003900
[17]: 218384	0x20003904
[18]: 825200	0x20003908

図 5-2. ADC バッファ測定値

ENERGYTRACE を使用して CC2340R5 MCU の消費電力を評価しました。評価では、定期的な専用 RF 無線送信のみが行われるスタンバイ動作時と、モーターが一定時間アクティブに駆動されている場合の両方を考慮しています。これらの観測結果の比較を以下に示します。平均スタンバイ電流消費は、前述の専用 RF 定義をさらに構成することで、10 μ A 未満まで最適化できます。アクティブ動作中のモーター測定値には、モーターを駆動するために DRV8411EVM が必要とする電流は含まれておらず、CC2340R5 のみを対象としています。



図 5-3. EnergyTrace CC2340R5 MCU のスタンバイ低消費電力モードの消費電力測定値

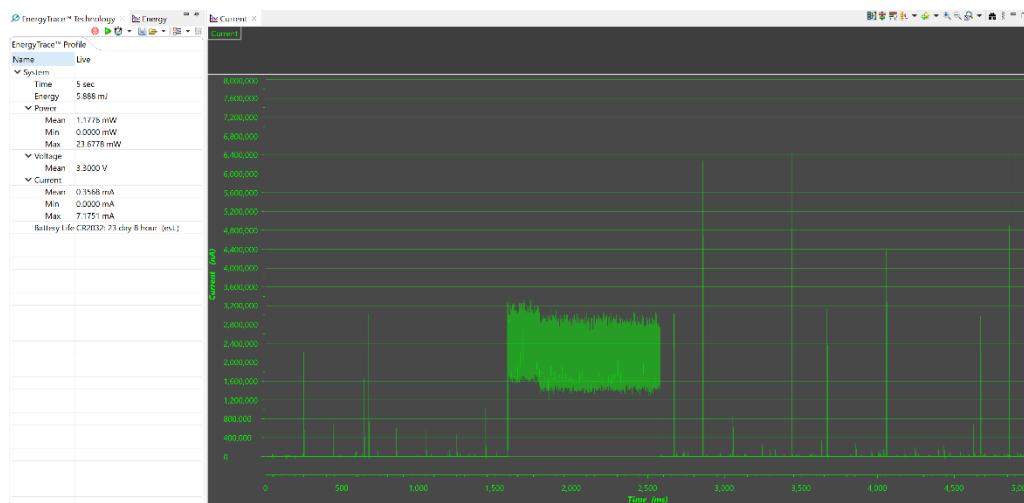


図 5-4. EnergyTrace CC2340R5 MCU のアクティブ モーター状態時の消費電力測定

6 まとめ

このアプリケーション レポートでは、SimpleLink CC2340R5 と DRV8411 を使用したステッパ モーター専用 RF ソリューションを完全に定義しています。必要なハードウェア接続と MCU のプログラミング手順について説明しており、ユーザーがすぐにデモを実行できるようになっています。このソリューションの安定性と堅牢性を確認するためのテスト結果も示されています。ソース コードは自由にアクセス可能であり、コード フローも詳細に説明されているため、開発者はプロジェクトの動作を理解し、自身のアプリケーション要件に合わせてプロジェクトをさらに改良することができます。この資料に関連する追加の質問やサポートが必要な場合は、E2E フォーラムへの投稿を推奨します。

7 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、[CC2340R SimpleLink™ 2.4GHz ワイヤレス MCU ファミリ](#)、データシート。
2. テキサス インスツルメンツ、[LP-EM-CC2340R5](#)、クイック スタート ガイド。
3. テキサス インスツルメンツ [DRV8411 デュアル H ブリッジ モータードライバ](#)、電流レギュレーション機能搭載、データシート。
4. テキサス インスツルメンツ、[DRV8410_DRV8411_DRV8411AEVM](#) ユーザー ガイド、ユーザー ガイド
5. テキサス インスツルメンツ、[独自の RF ドキュメント](#)
6. テキサス インスツルメンツ、[PropRF SimpleLink Academy ラボ](#)
7. テキサス インスツルメンツ、[CC13xx と CC26xx の消費電流の測定](#)、アプリケーション ノート。
8. GitHub、[SimpleLink 低消費電力 F3 デモ](#)、サンプル コード。

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