

## Application Note

## MSPM0C1104 に基づく MCF8315D の制御



Joe Ji and Janz Bai

## 概要

低電圧 BLDC モーターは、安全で高効率、優れた特長により、家電製品で一般的に使用されています。このアプリケーション ノートでは、MSPM0C1104 マイコンと MCF8315D BLDC モーター コントローラを使用して構築された低電圧モーター制御システムについて詳しく説明します。2 つのデバイスを使用することで、コード フリーのセンサレス FOC 設計とシステム レベルの高い柔軟性を実現できます。このアプリケーション ノートは、お客様のソフトウェア開発を迅速化し、製品の市場投入を支援することを目的としています。このアプリケーション ノートでは、TI 評価基板とソフトウェア構造を使用したハードウェア設定、およびテストの設定を示すシステム テスト、およびデモ システムの制御結果を示します。ユーザーは、システム構成ツール (SYSCONFIG) を使用してこのコードを他の MSPM0 デバイスに簡単に移植できます。E2E からデモ コードにアクセスできます。ハードウェア設計については、アプリケーション ノート『ファン アプリケーションにおける MCF8315 ハードウェア設計の最適化方法』を参照してください。

## 目次

1 はじめに.....	2
1.1 システムの概要.....	2
1.2 MSPM0C110x の概要.....	2
1.3 MCF8315D の概要.....	4
2 ハードウェア設定.....	5
2.1 LP-MSPM0C1104 のハードウェア設定.....	5
2.2 MCF8315PWPEVM のハードウェア設定.....	5
3 ソフトウェアの構造.....	6
3.1 ソフトウェアの機能とフロー図.....	6
3.2 プロジェクトファイル構造.....	7
3.3 MCF8315 の設定と制御.....	7
4 システム テスト.....	10
4.1 テスト設定.....	10
4.2 システム値の監視.....	11
5 まとめ.....	11
6 参考資料.....	11

## 図の一覧

図 1-1. LV BLDC 制御のシステム ブロック図.....	2
図 1-2. MSPM0C110x の機能ブロック図.....	3
図 1-3. MCF8315D (PWP) 機能ブロック図.....	4
図 2-1. LP-MSPM0C1104 および MCF8315PWPEVM のハードウェア接続.....	5
図 3-1. MSPM0 ソフトウェア構成図.....	6
図 3-2. MCF8315D I2C 書き込みトランザクション シーケンス.....	8
図 3-3. MCF8315D I2C 読み出しトランザクション シーケンス.....	8
図 4-1. テスト環境の設定.....	10
図 4-2. MSPM0C1104 とのエミュレータ テスト接続.....	10
図 4-3. マイコン変数監視ウィンドウ.....	11

## 表の一覧

表 2-1. LP-MSPM0C1104 と MCF8315PWPEVM の信号接続.....	5
---	---

表 3-1. プロジェクトファイル構造.....	7
表 3-2. I2C データワード フォーマット.....	7
表 3-3. 24 ビット制御ワードのフォーマット.....	7

## 商標

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

### 1.1 システムの概要

低電圧 DC 電源構造は、家電製品のシステム設計における効率と安全性レベルの向上に役立ちます。システム設計をより容易かつ実用的にするために、TI は、お客様が BLDC 制御をコードフリーに適応できるように、数十年にわたる BLDC 制御に関する経験を MCF8315D に集約しました。

このアプリケーション ノートでは、図 1-1 に示すように、2 個の集積回路 (IC) のみを使用した非常に柔軟な LV BLDC 制御システムについて説明します。MCF8315D は、コードフリーの LV BLDC 制御を実現するために必要なコンポーネントすべてを統合しています。MSPM0C1104 は、さまざまなシステムのニーズに合わせて MCF8315D を初期化、制御、または監視するために使用されます。

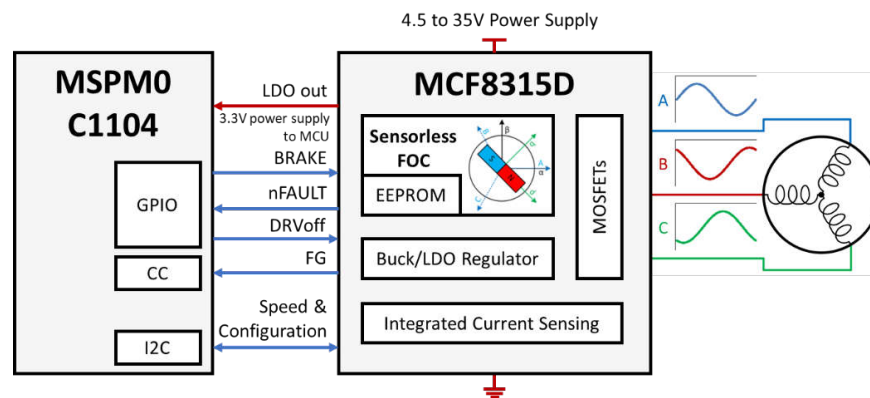


図 1-1. LV BLDC 制御のシステム ブロック図

### 1.2 MSPM0C110x の概要

MSPM0C110x マイクロコントローラ (MCU) は、最大 24MHz の周波数で動作する拡張 Arm® Cortex®-M0+ コア プラットフォームに基づく MSP 高集積超低消費電力 32 ビット MCU ファミリの一部です。これらの MCU は、高性能アナログ ペリフェラルを統合しています。

MSPM0C110x デバイスは最大 16KB の組込みフラッシュ プログラム メモリと 1KB の SRAM を内蔵しています。このデバイスには、各種の高性能アナログ ペリフェラル (電圧リファレンスとして VDD を含む 12 ビット 1.5Msps ADC、1 つのオンチップ温度センサなど) が搭載されています。さらに、1 つの 16 ビット高度タイマ、2 つの 16 ビット汎用タイマ、1 つのウィンドウ付きウォッチドッグ タイマ、各種通信ペリフェラル (1 つの UART、1 つの SPI、1 つの I2C など) などのインテリジェントなデジタル ペリフェラルも備えています。これらの通信ペリフェラルは LIN、IrDA、DALI、マンチェスター、スマートカード、SMBus、PMBus プロトコルをサポートしています。詳細については、『MSPM0C110x, MSPS003 ミックスド シグナル マイクロコントローラ』データシートを参照してください。

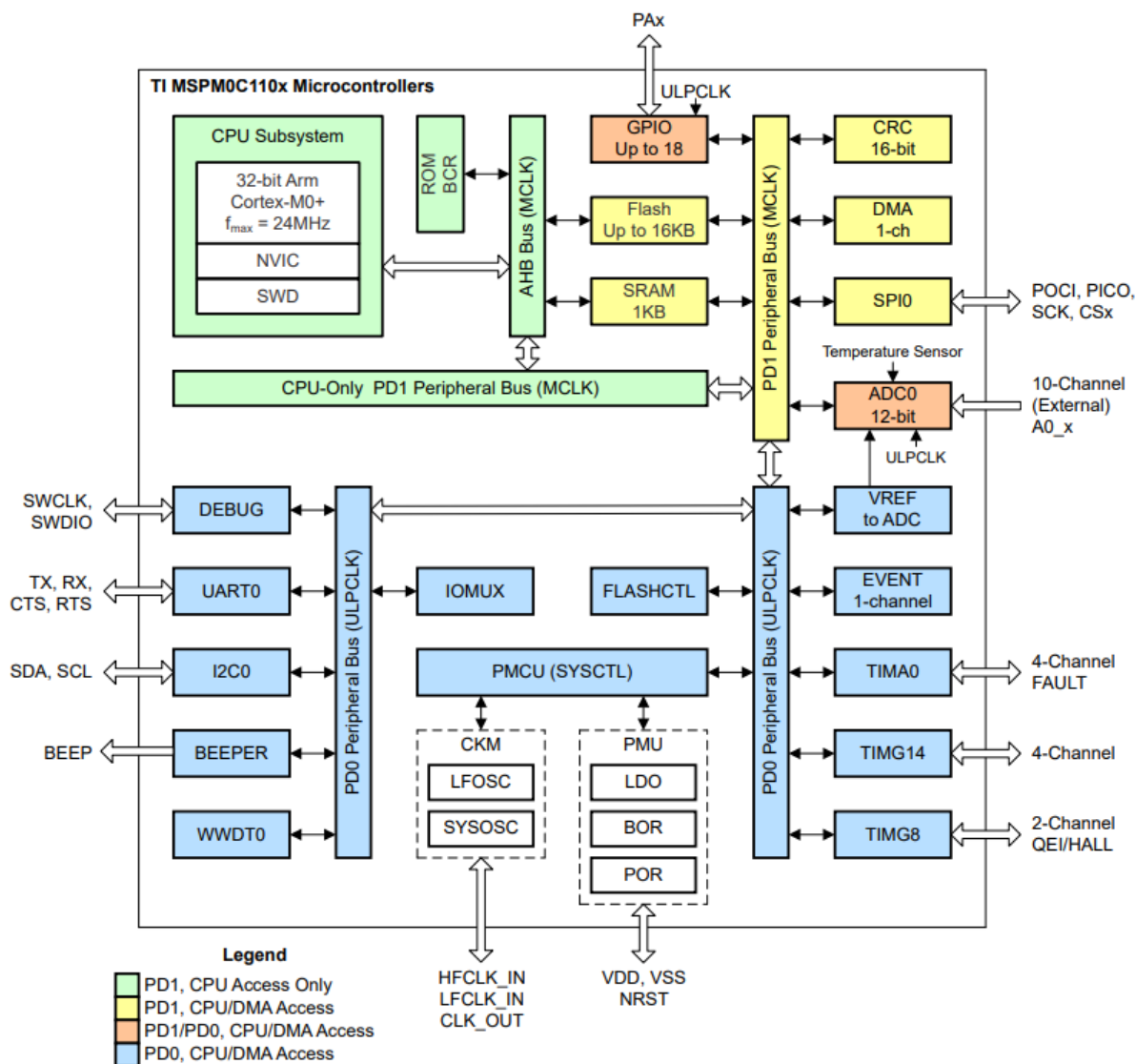


図 1-2. MSPM0C110x の機能ブロック図

### 1.3 MCF8315D の概要

MCF8315D は、シングルチップでコードフリーのセンサレス FOC を実現するデバイスであり、速度制御された 12~24V ブラシレス DC モーター (BLDC) または永久磁石同期モーター (PMSM) に対して、最大 4A のピーク電流供給が可能です。MCF8315D は、絶対最大定格が 40V、RDS (ON) が非常に低いハーフ ブリッジを 3 つ内蔵しています。電圧調整が可能な降圧レギュレータ (3.3V/5V、170mA) や LDO (3.3V、20mA) を含む電力管理回路が内蔵されており、外部回路に電源を供給できます。MCF8315D は、本デバイス自身、モーター、システムをフォルト イベントから保護する多くの保護機能を内蔵しています。詳細については、『[MCF8315D センサレス フィールド オリエンテッド コントロール \(FOC: 磁界方向制御\) FET BLDC ドライバ](#)』を参照してください。

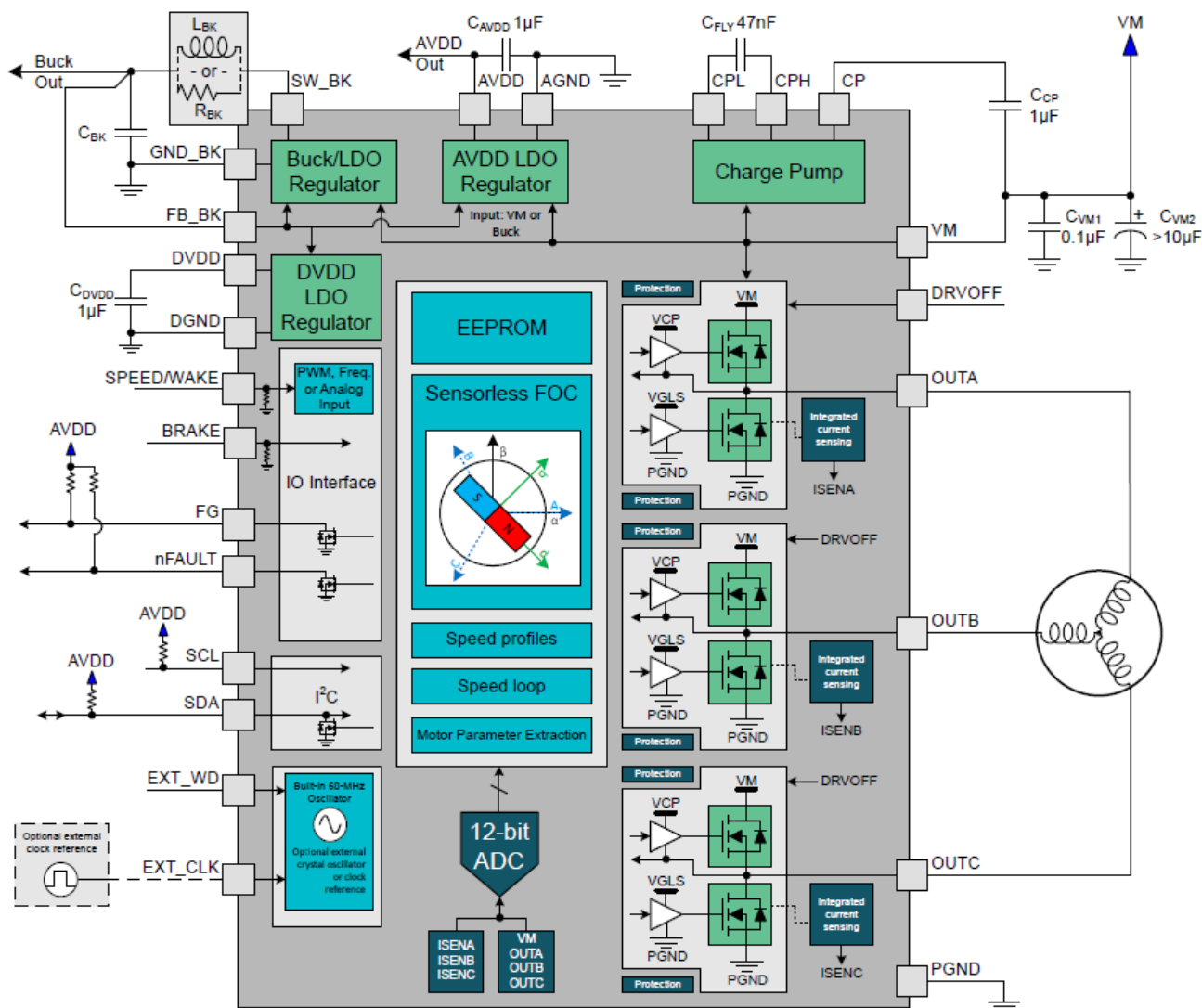


図 1-3. MCF8315D (PWP) 機能ブロック図

## 2 ハードウェア設定

図 2-1 に、LP-MSPM0C1104 と MCF8315PWPEVM を使用した評価システムの設定を示します。信号接続は青、電源接続は赤で示しています。セクション 4 に実際のハードウェア接続を示します。

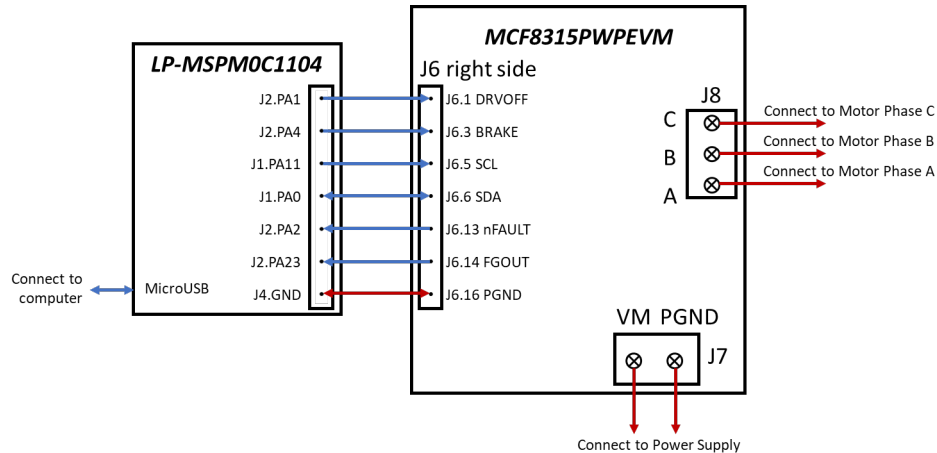


図 2-1. LP-MSPM0C1104 および MCF8315PWPEVM のハードウェア接続

### 2.1 LP-MSPM0C1104 のハードウェア設定

LP-MSPM0C1104 の詳細と回路図については、『LP-MSPM0C1104 評価基板ユーザーガイド』を参照してください。以下の表に、LP-MSPM0C1104 と MCF8315PWPEVM との接続、対応する機能を示します。

表 2-1. LP-MSPM0C1104 と MCF8315PWPEVM の信号接続

MCF8315PWPEVM のピン名	LP-MSPM0C1104 のピン名	機能
DRVOFF	PA1	MCF ゲートドライバ無効化
BRAKE	PA4	すべての MCF ローサイド MOSFET をオン
SCL	PA11	I2C 通信クロック
SDA	PA0	I2C 通信データ
nFAULT	PA2	MCF8315 の故障をマイコンに通知
FGOUT	PA23	モーター速度をマイコンにフィードバック
PGND	GND	GND

### 2.2 MCF8315PWPEVM のハードウェア設定

MCF8315PWPEVM の全体的なハードウェアの説明と設定については、『MCF8315PWPEVM 評価基板』ユーザーガイドを参照してください。評価基板は MSPM0C1104 で制御されるため、表 2-1 に示すように、J6 のすべてのジャンプを取り外して再接続する必要があります。表にこれらのピンが記載されていない場合は、ピンをオープンにしてください。DC 電圧源を VM および PGND に接続する必要があります。モーターの位相 A、B、C は、J8 Motor Studio GUI に接続する必要があります。モーターの調整や、MCF8315 の初期化に必要な構成データのエクスポートに使用できます。アプリケーションノート『ファンアプリケーションにおける MCF8315 ハードウェア設計の最適化方法』に MCF8315D のハードウェア設計を示します。

### 3 ソフトウェアの構造

#### 3.1 ソフトウェアの機能とフロー図

MSPM0C1104 は、MCF8315D レジスタを変更することで、I2C インターフェイスを介して MCF8315D を設定および制御します。[デモコード](#)には、MCF8315D EEPROM のデータチェックと更新、MCF8315D RAM プログラミング、モーター速度制御、FG ピンによる速度フィードバック、VM チェックの API が含まれています。

コードは MSPM0C1104 の初期化で開始し、EEPROM チェックと RAM のプログラミングで MCF が初期化され、すべての初期化が完了した後にモーター回転コマンドが MCF8315D に送信されます。モーター速度コマンドは、タイマ A 割り込みで更新されます。速度フィードバックと VM 電圧監視はメインループで行われます。ソフトウェアフロー図を[図 3-1](#)に示します。

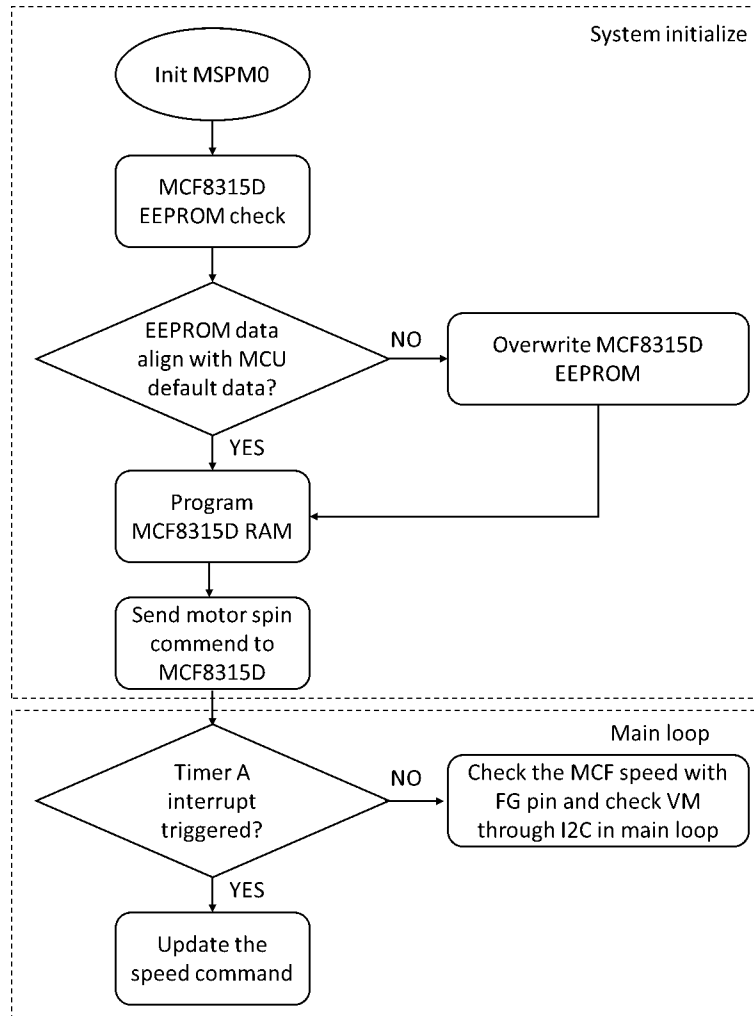


図 3-1. MSPM0 ソフトウェア構成図

## 3.2 プロジェクトファイル構造

システム構成ツールを使用して、このプロジェクトを MSPM0C1104 から別の MSPM0 デバイスに簡単に移行できます。プロジェクトの主なファイルは表 3-1 にリストされます

表 3-1. プロジェクトファイル構造

ファイル	説明
C1104LP_MCF8315D.c	プログラムの入り口
C1104_Config.syscfg	MSPM0C1104 システムおよびペリフェラル構成
mcf_configuration.h	MCF8315D EEPROM レジスタ オフセットとデフォルト設定を事前定義
mcf_i2c.c	MCF レジスタの読み出しおよび書き込み機能により、必要なプロトコルを使用して MCF レジスタの読み出しと書き込みを実行します
mcf_i2c.h	MCF レジスタの読み出しおよび書き込み機能を定義するためのヘッダーファイル
crc8.c	CRC テーブルによる 8 ビット CRC 計算
crc8.h	CRC 検証を定義するヘッダーファイル
parity_even.c	データ パリティ チェックは、MCF8315D EEPROM パリティ チェック ルールと一致します
parity_even.h	parity_even 関数を定義するヘッダー ファイル

## 3.3 MCF8315 の設定と制御

### 3.3.1 MCF8315D I2C プロトコルの説明

MSPM0C1104 は、I2C シリアル インターフェイスを介して MCF8315D と通信します。MSPM0C1104 は I2C コントローラとして動作し、MCF8315D は I2C ターゲットとして動作します。I2C 通信は、表 3-2 に示す I2C データワードフォーマットに従います。

表 3-2. I2C データワードフォーマット

TARGET_ID	R/W	制御ワード	データ	CRC-8
A6～A0	W0	CW23～CW0	D15、D31、D63～D0	C7～C0

ターゲット ID および R/W ビット: 先頭バイトには、7 ビットの I2C ターゲット ID が含まれており、その後に読み出しまたは書き込みコマンドビットが続きます。MCF8315D の各パケットでは、24 ビットの制御ワードの書き込みから通信プロトコルが始まるので、R/W ビットは常に 0 になります。

24 ビット制御ワード: 制御ワードフォーマットを表 3-2 に示します。詳細については『MCF8315D センサレス フィールドオリエンテッド コントロール (FOC:磁界方向制御) 内蔵 FET BLDC ドライバ』データシートを参照してください。デモコードでは、他のすべてのメモリ セクタおよびページは外部使用ではないため、CRC\_EN を 1 に設定して CRC 検証を有効にし、DLEN を 01b に設定して 32 ビットのデータ長を使用し、MEM\_SEC および MEM\_PAGE を 0 に設定しています。

表 3-3. 24 ビット制御ワードのフォーマット

OP_R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR
CW23	CW22	CW21- CW20	CW19～CW16	CW15～CW12	CW11～CW0

データ バイト: データは対応する MEM\_ADDR に入力する必要があり、制御ワードの DLEN フィールドは、このセクションで送信されるバイト数に対応します。データバイト数と DLEN が一致しない場合、書き込み動作は破棄されます。

CRC バイト: 制御ワードで CRC 機能が有効化されている場合、書き込みトランザクションの終了時に CRC バイトが送信されるはずです。CRC バイト計算の詳細については、3.3.2 CRC 検証およびパリティ検証に記載されています

図 3-2 および図 3-3 に、MCF8315D I2C プロトコルによる I2C 読み出しまたは書き込みシーケンスを示します。MCF8315D と適切に通信するには、マイコンは I2C クロック ストレッチをサポートする必要があります。詳細については、『MSPM0C110x, MSPS003 ミックスド シグナル マイクロコントローラ』データシートおよび『MCF8315D センサレス



フィールド オリエンテッド コントロール (FOC:磁界方向制御) 内蔵 FET BLDC ドライバ』データシートを参照してください。

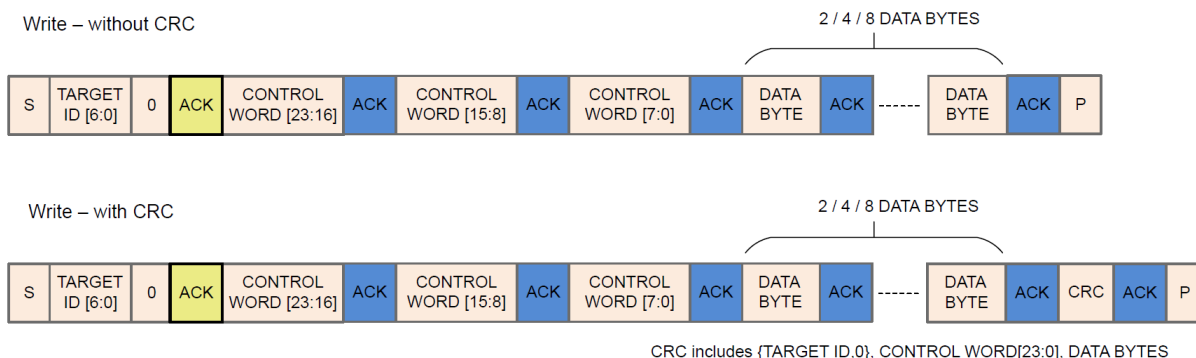


図 3-2. MCF8315D I2C 書き込みトランザクション シーケンス

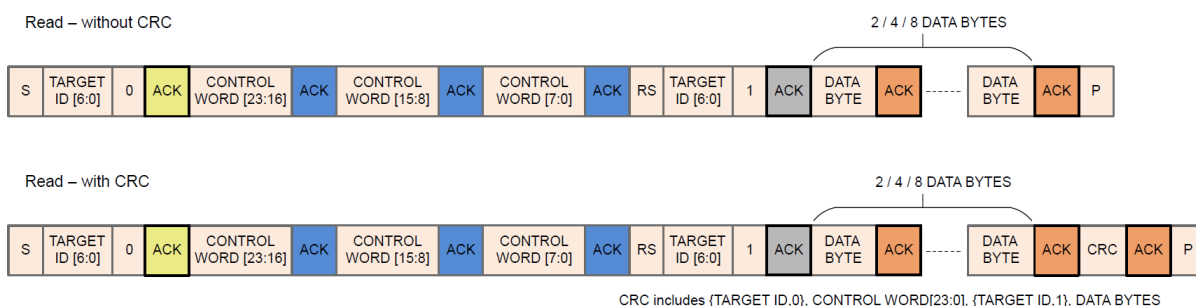


図 3-3. MCF8315D I2C 読み出しトランザクション シーケンス

### 3.3.2 CRC 検証とパリティチェック

CRC 計算には 8 ビット CCIT 多項式 ( $x^8 + x^2 + x + 1$ ) と CRC 初期値 (0xFF) が使用されます。

書き込み動作時の CRC 計算:MCF8315D は、外部マイコンが MCF8315D に書き込み、CRC が有効な場合、マイコン CRC バイトが CCIT 多項式と一致しているかチェックします。一致しない場合、書き込み要求は破棄されます。書き込み動作のための外部マイコンによる CRC 計算の入力データを以下に示します。

- ターゲット ID + 書き込みビット
- 制御ワード – 3 バイト
- データ バイト – 2/4/8 バイト

読み出し動作時の CRC 計算:外部 MCU が MCF8315D を読み出す際に CRC が有効化されている場合、MCF8315D はデータの末尾に CRC バイトを送信します。MCF8315D が送信したデータを検証するための、外部マイコンによる CRC 計算の入力データを以下に示します。

- ターゲット ID + 書き込みビット
- 制御ワード – 3 バイト
- ターゲット ID + 読み出しビット
- データ バイト – 2/4/8 バイト

読み出し / 書き込み動作時のパリティ計算:MCF8315D は、EEPROM がプログラムされ、EEPROM のパリティビットへの書き込みデータが無視されると、以下のルールに従ってパリティを内部的に計算します。

- ビットの合計が偶数の場合、パリティは 0 です。
- ビットの合計が奇数の場合、パリティに 1 を加算して偶数にします。



### 3.3.3 MCF EEPROM または RAM プログラム

MCF8315D は EEPROM を内蔵しており、高速なシステム起動をサポートするようにデフォルト構成をプログラムできます。対応する RAM アドレスは 0x000080～0x0000AE です。高速起動は、ポータブル ファンなどのバッテリー電源アプリケーションで実用的です。これは、デバイスを設定した後で、MCF8315D をスタンドアロンとして動作させることもできます。EEPROM の書き込みサイクル制限のため、TI では、最初の起動時にのみ EEPROM をプログラムすることを推奨しています。EEPROM をプログラムした後、マイコンはシステムが再度起動した際に EEPROM データが正しいかを確認する必要があります。

MCF8315D の実行中に構成を変更する必要がある場合は、EEPROM データを変更せずに、RAM 内のデータ (0x000080～0x0000AE) を変更してリアルタイムで変更を有効にします。

EEPROM 書き込み手順:

- すべてのデフォルト構成データをシャドウまたは RAM レジスタ (0x000080～0x0000AE) に書き込みます。
- シャドウまたは RAM レジスタ (0x000080～0x0000AE) の値を EEPROM に書き込むには、レジスタ 0x0000EA に 0x8A500000 を書き込みます。
- EEPROM 書き込み動作が完了するまで、750ms の間待ちます。
- 750ms 後に 0x0000EA レジスタを読み取って、0x0 にリセットされていることを確認します。

EEPROM 書き込み手順:

- EEPROM データをシャドウ / RAM レジスタ (0x000080～0x0000AE) にコピーするには、レジスタ 0x0000EA に 0x40000000 を書き込みます。
- EEPROM の読み出し動作が完了するまで、100ms の間待ちます。
- シャドウ / RAM レジスタの値の読み出し

---

#### 注

MCF8315D では、モーターが回転していないときのみ、EEPROM の書き込みおよび読み出し動作が可能です。EEPROM は、I2C シリアル インターフェイスを使用した書き込みと読み出しは可能ですが、I2C シリアル インターフェイスを使用した消去は実行できません。

---

## 4 システム テスト

このセクションでは、LP-MSPM0C1104 と MCF8316AEVM を使用したテスト環境の設定方法を示します。これらのデバイスはピン互換であるため、MCF8316AEVM を使用して MCF8315D に変更できます。VM フィードバックと速度フィードバックのテスト結果が MSPM0 デバッグ ウィンドウに表示されます。

### 4.1 テスト設定

このセクションでは、テスト環境を設定する手順について詳しく説明します。図 4-1 に、システム接続ブロック図の実際のテスト環境の写真を示します。

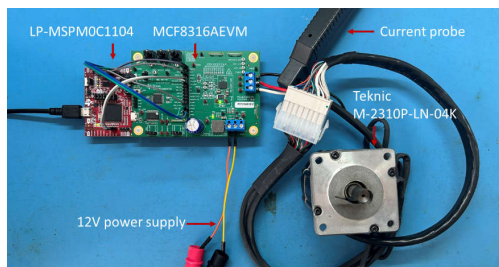
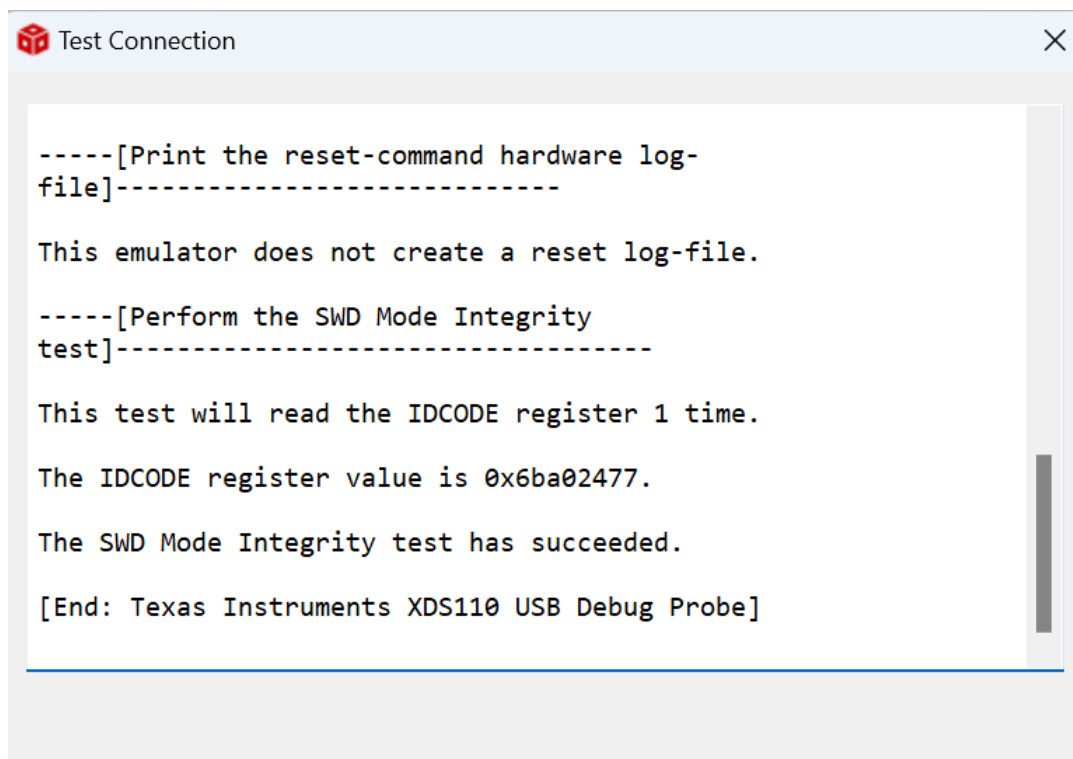


図 4-1. テスト環境の設定

図 2-1 に従って、LP-MSPM0C1104 を MCF8316AEVM 電源とモーターに接続します。12V DC 電源を使用して MCF8316AEVM の電源を入れると、緑色の LED D1 と D4 が点灯します。nFault LED が点灯している場合、EVM の電源を入れ直します。

デバッグのために USB ケーブルを使用して LP-MSPM0C1104 を PC に接続し、MC とエミュレータとの接続をテストします。接続が正しい場合、以下の情報が表示されます。



デモコードを CCS にインポートします。デバッグをクリックして、プログラムを実行します。

図 4-2. MSPM0C1104 とのエミュレータ テスト接続

## 4.2 システム値の監視

Expressions ウィンドウに VOLT\_feedback (V) と SPEED\_feedback (Hz) を追加して、データを監視します。  
SetMotorspeed 値を設定することで、モーター速度が変更され、このスコープでモーター電流の波形を監視できます。

Expression	Type	Value	Address
VOLT_feedback	unsigned long	12	0x20000048
SPEED_feedback	unsigned long	997	0x20000044

図 4-3. マイコン変数監視ウィンドウ

## 5 まとめ

このアプリケーション ノートでは、MCF8315D と MSPM0C1104 を搭載した、使いやすい LV BLDC システムについて説明します。この資料は、LV BLDC システムの評価と開発の迅速化に役立ちます。特定の LV BLDC システムを構築するために、ユーザーはシステム構成ツール (SYSCONFIG) を使用して、このコードを他の MSPM0 デバイスに簡単に移植できます。E2E からデモ コードにアクセスできます。ハードウェア設計については、アプリケーション ノート『ファン アプリケーションにおける MCF8315 ハードウェア設計の最適化方法』を参照してください。

## 6 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、『MCF8315D センサレス フィールド オリエンテッド コントロール (FOC:磁界方向制御) FET BLDC ドライバ』、データシート
- テキサス インスツルメンツ、『MCF8315PWPEVM 評価基板、ユーザーズ ガイド』
- テキサス インスツルメンツ、『MSPM0C110x、MSPS003 ミックスド シグナル マイクロコントローラ』、データシート
- テキサス インスツルメンツ、『MSPM0 C シリーズ マイクロコントローラ』、技術参照マニュアル
- テキサス インスツルメンツ、『ファン アプリケーションにおける MCF8315 ハードウェア設計の最適化方法』、アプリケーションノート
- テキサス インスツルメンツ、『MSPM0C1104:[問題なし] MSPM0C を使用した MCF8315 構成』

## 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、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](https://www.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

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、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](https://www.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