

## Technical Article

# 緊密に統合されたリアルタイム制御マイコンによって、よりスムーズで静音性に優れたモーターの性能を実現



TI のスタッフ



消費者は、アプリケーションがより静かに動作し、機械的および電氣的耐久性が向上することを期待しています。これは、ハンドヘルドツール、洗濯機、ファン、暖房、換気、空調 (HVAC) ユニットなどの最終製品にも当てはまります。

従来、音響性能、ダイナミック挙動、システムの耐用期間を改善する方法は、機械的設計の改善、新素材の実装、熱管理や高度な制御戦略を採用することでした。これらの制御方式の多くは、複数のデバイス (処理に 1 つ、センシング用に 1 つ、シグナルコンディショニングまたは保護用の追加部品) への実装が必要となります。技術的には効果的ですが、これらの実装によってハードウェアとソフトウェア間で緊密に結合された依存関係が発生し、レイテンシとジッタが増加し、統合と調整が大変になる場合があります。その結果、システムパフォーマンスのターゲットを達成することから、システムの複雑さやコストを増やさずにターゲットを達成することに課題がシフトしました。

### 統一された処理環境による先進のモーター制御

統一された処理環境内にセンサレスフィールド指向制御 (FOC) や振動補償などの高度なモーター制御手法を実装すると、調整作業を最小に抑え、タイミングの変動を低減し、予測可能性の高い動作が可能になります。ソフトウェアの観点から見ると、TI の **F28E120SC** などの高度に統合されたリアルタイム制御マイコン (MCU) を使用すると、設計者がモーター制御アプリケーションにおけるセンシング、制御、アクチュエーション機能の実装を効率化するために使用可能な、統一された処理環境が実現します。

これらのマイコンは、センサレス FOC などのリアルタイムモーター制御アルゴリズムをサポートしており、ローター位置の推定が最も困難な低速において、タイミング要件を満たすのに役立ちます。より高精度なモーター制御により、外部センサ

や特殊な加速ハードウェアに依存せずに、より滑らかなトルク生成、低振動、低ノイズな動作を実現できます。図 1 に、代表的なモーター制御設計における F28E120SC マイコンのブロック図を示します。

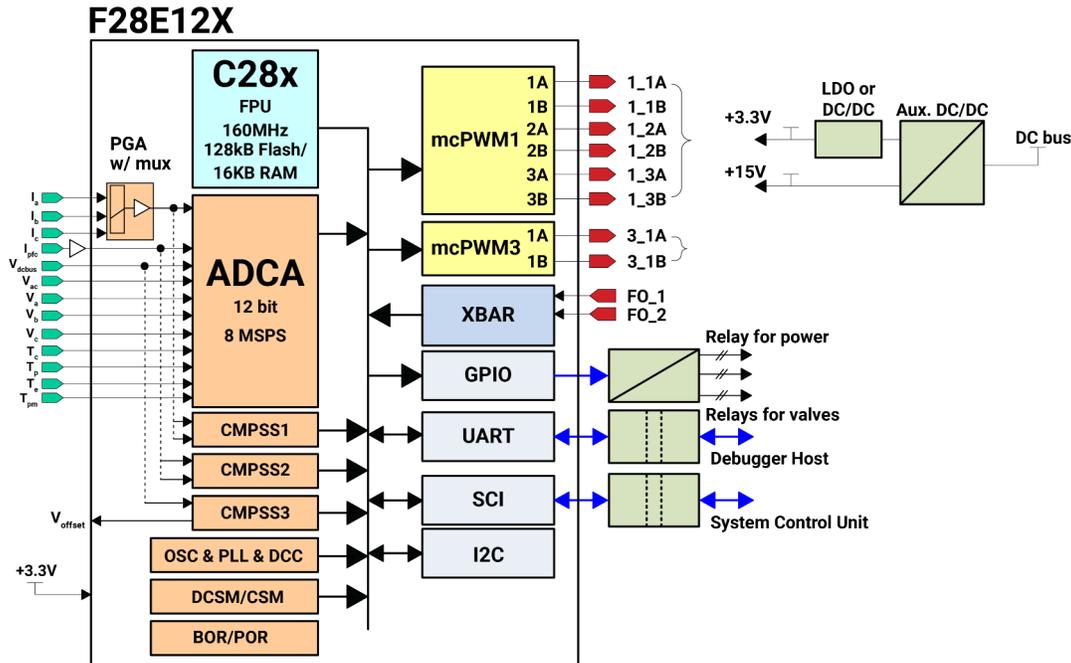


図 1. 代表的なモーター制御設計における F28E120x マイコンの簡略ブロック図

ハードウェアの観点から見ると、これらのマイコンには高速 A/D コンバータ (ADC) などの内蔵部品と、内蔵のプログラムブルゲインアンプ、アナログコンパレータを搭載しています。これらの統合部品はシステムのシグナルチェーンを簡素化するのに役立ち、オフチップオペアンプやディスクリートアナログ IC を必要とせず、低ノイズの電流帰還を実現します。

このどういつ制御アーキテクチャは、ディスクリートデバイス間で主導でタイミング調整をする必要がないため、レイテンシ、ジッタ、システム管理に費やす時間を短縮できます。このアーキテクチャでは、同期パルス幅変調 (PWM) と ADC トリガにより、スイッチングイベントに合わせてサンプリングを正確に調整することで、システム応答が改善されます。

モーター制御の統一された処理環境の利点を示す 2 つの例を見てみましょう。

### 洗濯機のモーター制御

洗濯機のモーター制御アルゴリズムは、開ループの起動、回転サイクル中の突然の負荷の不均衡、洗濯段階全体でのトルク要求の変化、生地のケアと水の抽出のための高精度な速度および方向の遷移など、実際の条件に適応する必要があります。従来のアーキテクチャでは、これらの遷移をスムーズかつ静かに管理するために、多くの場合、外部センサ、アナログフロントエンド、カスタムチューニングロジックに依存していました。

リアルタイムマイコンは制御パス全体を 1 つのデバイスに統合します。センサレス FOC を使用すると、位置センサなしで、スムーズで信頼性の高い起動と加速が可能になります。機械的なバランスのみに頼るのではなく、ソフトウェアベースの振動補正を使用して、ドラムの不均衡や音響ノイズを低減することが可能になります。

よりコンパクトで確定的な制御アーキテクチャを採用すると、洗濯機のモーターコントローラは、より静かな動作、長い持続時間、容易な製造が可能になります。

### HVAC システムにおけるモーター制御

HVAC システムは、気流が制限され、基板面積が狭く、メンテナンスの頻度が低い、熱的な制約がある狭い管体の中で、モーターを長時間動作させる必要があります。信頼性が高く効率的なシステムには、静かな起動、安定したエアフロー制御、全体的な高効率などのモーター制御機能が含まれます。

HVAC システムは家電製品と同じ高度な制御技法を採用できますが、熱安定性と長いデューティサイクルの許容が必要となります。センサレス制御方式を採用すると、ホールエフェクトセンサやエンコーダが不要になり、機械設計の簡素化と、長期的な信頼性の向上につながります。F28E120SC のようなマイコンは、誤り訂正コード保護機能付きフラッシュメモリとパリティ保護されるスタティックランダムアクセスメモリを搭載しており、長いデューティサイクルでのシステム性能を向上できます。これらのマイコンは高帯域幅 FOC 動作とデッドタイム補償を搭載しており、全高調波歪みを最大 50% 低減でき、よりスムーズなエアフロー制御とよりノイズの少ない動作が可能になります。

単一のクロックドメイン内で PWM ロジックと ADC サンプルングを厳密に同期できるため、スイッチング周波数が上昇、または熱条件が変化しても、一貫した制御動作を実現できます。その結果、設計者はコンプレッサとファンの負荷により厳密なループ制御を適用して、スイッチング遷移を調整し可聴ノイズを最小限に抑え、熱や振動によってストレスを受ける外部コンポーネントを省略できます。

## まとめ

各種負荷条件にわたって制御動作が予測可能で効率的であることが要求されるモーター駆動アプリケーションの場合、リアルタイム制御マイコンは、設計コストを削減しながら、A/D を厳密に統合し、サイクルレベルの精度で確定的な高性能実行を実現します。

## 商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

## 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