



アダプティブ コンピューティングによる 電動駆動制御と効率性の向上

最先端の駆動制御技術で
モーター性能を最適化し、
電力消費を抑える

AMD 
together we advance_

要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

要旨

電動モーターは、エレベーターやエスカレーター、ロボティクスの駆動装置やアクチュエータ、電動車両、列車、医療機器、航空機システム、さらには洗濯機やガレージ ドア開閉装置などの家電機器に至るまで幅広い用途で使用されています。

多くの工場では、組み立てラインやその他の機器を動かすロボット用に多数のモーターが使用されています。産業分野における世界の総電力使用量の約 70%¹ が、電動モーターとモーター駆動システムに関連していると推定されています。そのため、駆動効率を 1% 向上させるだけでも、運用コストや環境へ大きなプラスの影響を与えることができます。

消費電力削減、モーターの騒音緩和、振動防止、また致命的な故障が起こる前にメンテナンス時期を予測したり潜在的な故障箇所を検知したりすることが非常に重要であり、すべてのモーターを無線でアップデートできるようになれば、長寿命化にも繋がります。

そこで、革新的な電動駆動制御の実現に大きく貢献するのが AMD の Kria™ システム オン モジュール (SOM) です。これは、性能を最適化し、モーター駆動を効率化するだけでなく、拡張性と信頼性を向上させることができます。また、適応型のモーター制御ソリューションは、その高い統合性によって部品数とコストも削減できます。

この eBook では、電動モーターの進化と、モーター制御で対処できるさまざまな性能パラメーターについて説明します。また、モーター制御のコンセプトを説明し、それを実現するための方法を紹介します。効率的な EV 充電システムのためのモーター制御技術の使用についても触れます。最後に、AMD の最先端技術とカスタマー事例を紹介し、この技術がさまざまなモーター制御アプリケーションにどのように活用されているのかについて説明します。



AMD

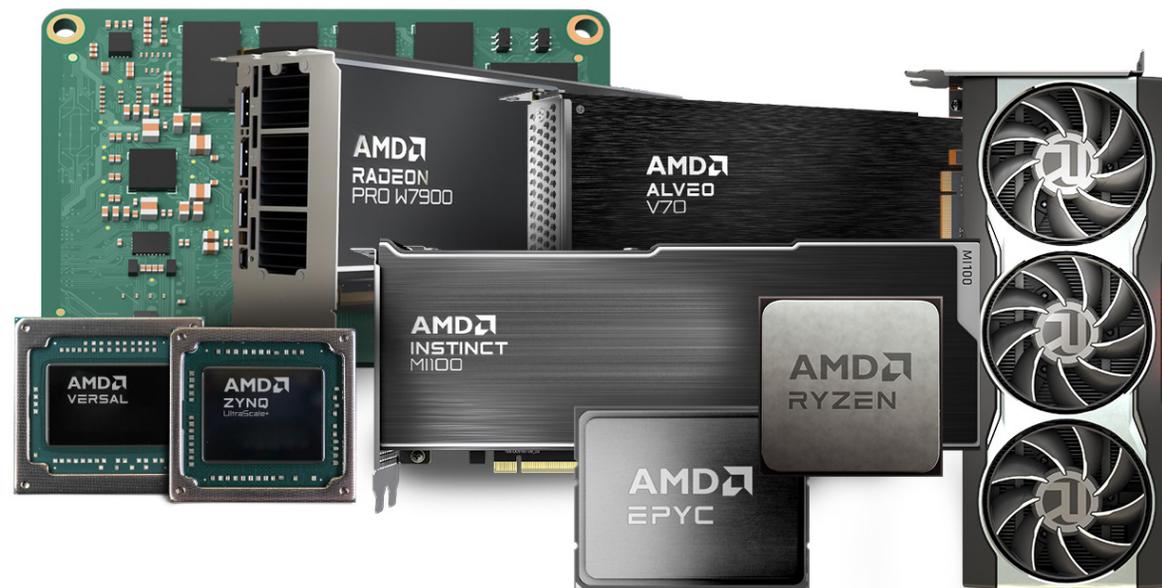
AMD について

AMD は、主に次の 4 つの市場に向けた製品を設計および提供するグローバルな半導体企業です。

- 産業、ビジョン、ヘルスケア、その他のエンベデッド市場：エンベデッド マイクロプロセッサ、FPGA、アダプティブ SoC 製品などを提供。
- データセンター市場：サーバー マイクロプロセッサ、GPU、DPU、FPGA、アダプティブ SoC などを提供。
- クライアント市場：デスクトップおよびノート PC 向けマイクロプロセッサ、マイクロプロセッサとグラフィックスを統合したアクセラレーテッド プロセッシング ユニット (APU)、チップセットなどを提供。
- ゲーミング市場：ディスクリート GPU、セミカスタム SoC 製品、開発サービスを提供。

AMD は 50 年以上にわたり、ハイパフォーマンス コンピューティング、グラフィックス、視覚化技術の革新を推進してきました。従業員たちは、可能性を押し広げ、業界をリードする高性能アダプティブ コンピューティング製品の開発に取り組んでいます。AMD の技術は、何十億もの人々の生活、仕事、娯楽の品質向上に貢献しています。

AMD は現在、エンジニアリング施設、営業 / ビジネス サービス、コーポレート オフィスなど、世界中 50 か所以上の拠点で事業を展開しています。



要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 S0M の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

電動モーターの概要と進化

要旨 2

AMD について 3

電動モーターの概要と進化 4

モーター制御とは 6

モーター制御で対処できるパラメーター 7

EV 充電におけるモーター制御 8

モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ 9

アダプティブアプローチが最適 10

モーター制御に AMD が最適な理由 11

モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場 14

モーター制御アプリケーション 16

まとめ 18

その他のリソース 19

脚注 19

モーターの種類と仕組み

電動モーターは、大型の産業機器から自動車、列車、エスカレーター、コードレス電動工具、家電製品まで、幅広い用途で使用されています。電動モーターとは、電気エネルギーを機械エネルギーに変換し、また機械エネルギーを電気エネルギーに変換するものです。機械的な力でモーターを駆動すると電気が発生し、電気で駆動すると運動エネルギーを生み出します。

具体的な例を挙げると、自動車で坂道を上る際にはエネルギーを消費しますが、坂道を下る際にはエネルギーを生み出します。

電動モーターには、ブラシ付きモーター、ブラシレスモーター、ステッピングモーター、誘導モーター、スイッチトリラクタンスモーター、サーボモーターなど多くの種類があり、これらはすべて特定の制御技術を必要とします。ブラシ付きモーターはモーターへの電流を機械的に制御することによって動作し、ブラシレスモーターはモーターへの電流を電子的に制御して動作します。リラクタンスモーターは、材料の非均一な磁気特性である磁気リラクタンス（磁器抵抗）の原理を利用して動作します。これらのモーターでは、ローターが高いリラクタンス（磁気抵抗が大きい状態）から低いリラクタンス（磁気抵抗が小さい状態）に移動しようとする傾向があります。簡単に言うと、ローターが磁気抵抗を最小限に抑えるように調整することで回転運動が生じる仕組みです。

この eBook では、主にブラシレスモーターに焦点を当てていますが、AMD 技術はここに挙げたすべての電動モーターに採用されています。一般的に、ブラシレスモーターはブラシ付きモーターより電力効率が高く、静かで、長寿命という利点があります。リラクタンスモーターと比較した場合、ブラシレスモーターの方が高い精度で製造できるため、高性能なモーション制御アプリケーションに最適です。

ブラシレスサーボモーター

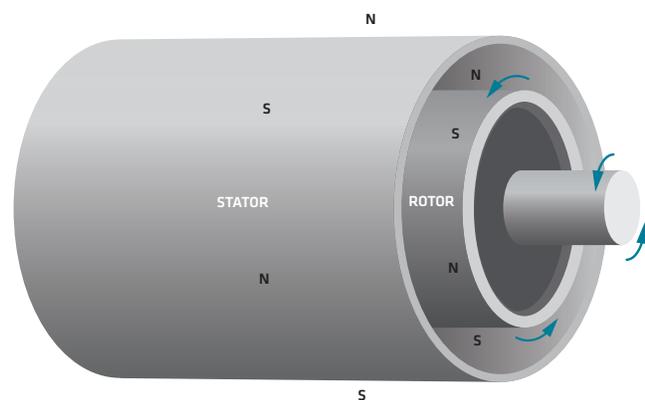
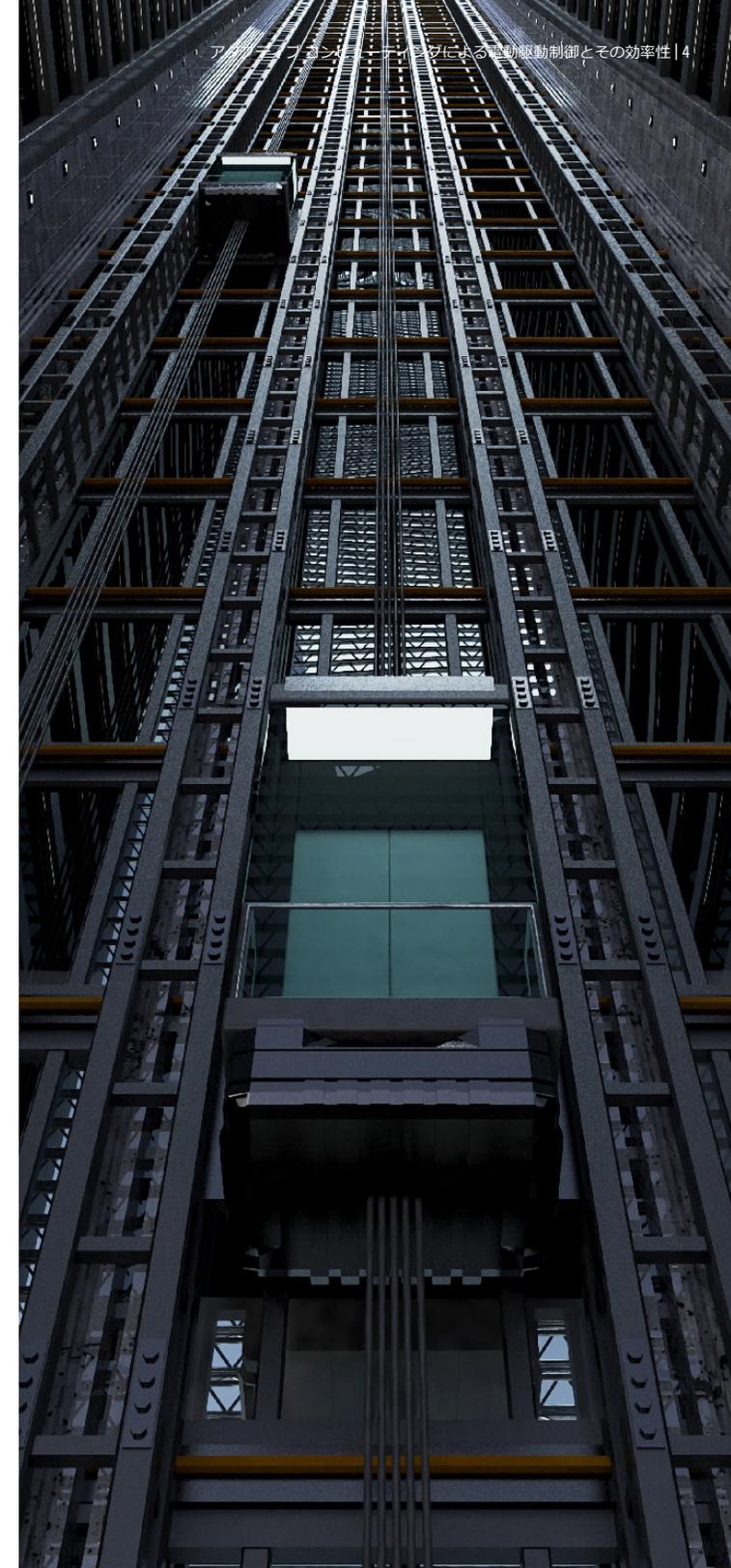


図1 ブラシレスモーターでは、ステーター（固定子）内で生成された回転磁場がローターの磁場と相互作用することによって、ローターを回転させるトルクが生じます。



要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御にAMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

動力の供給方法にかかわらず、電動モーターはトルクを生み出し、これがローターを連続的な回転運動または直線運動させる力となります。トルクは、モーター内部の磁場によって生成されます。ブラシレス モーターのローターには永久磁石が取り付けられています。ステーター（絶縁されたワイヤで巻かれた固定コア）がモーター内に回転磁場を生成し、ローターがこの磁場に従って動きます（前ページの図1参照）。モーター効率、供給された電気エネルギーに対して変換される運動エネルギーの比率を測定して評価され、モーター内で磁場を、より正確に、より高頻度で制御することが可能であれば、効率はさらに向上します。

電動駆動の進化

電動駆動システムは、運動制御に必要な複数のシステムの組み合わせで、これらのエッジ デバイスは、電源、電力コンバーター、モーター、機械的な荷重、およびコントローラーで構成されます。最新の電動駆動システムには、電動駆動が接続されているシステム全体を管理する PLC やモーション コントローラーなどのシステム レベルの制御装置とコマンドやステータス情報を通信するための産業用イーサネットも組み込まれています。

長年、電動駆動のオペレーションはほとんど変化してきませんでした。電動駆動システムには、フィールドバス接続（複数の機器を接続できる）、位置制御、速度制御、トルク制御、およびパワー ステージング（モーターへの負荷を最小限に抑えるための電力供給調整）などの機能が含まれます。2006 年にはイーサネット接続が導入され、2010 年頃には統合型の安全メカニズムが追加されました。この時期から、製造業における機能安全規格 IEC 61508 と、機械の安全性基準 ISO 13849 が導入されました。2016 年頃には、クラウド接続と TSN (Time-Sensitive Networking) が導入され、それ以降、電動駆動は複雑化していきました。

駆動装置の進化に伴い、数十年間でソフトウェアとシステムも常に変化してきました。1990 年代以前、ほとんどのプログラムはアセンブリ言語や C 言語を用いて作成されていましたが、1995 年頃になると C++ 言語が広く使用されるようになり、Python が人気を集め、MATLAB の Simulink が広く普及し始めました。また、駆動システムの管理には Linux オペレーティングシステムが一般的に使用されるようになりました。その後、これらのプラットフォームとツールは進化し続け、2004 年には Simulink 6、2008 年には Python 3 がリリースされています。

ソフトウェアの進化に加え、炭化ケイ素 (SiC) と窒化ガリウム (GaN) の技術が市場に登場しました。これらの素材はシリコン単体よりも高い電圧に耐えることができるという特長を持っており、高速スイッチングに対応でき、高温かつ高周波で動作できるため、高出力 / 高性能アプリケーション向けの高電圧モーターに最適です。

SiC や GaN を使用した半導体は高速スイッチングを可能にしますが、その効果を最大化するには、高速かつ確定性に優れた制御回路が必要になります。これが、プログラマブル ロジックを備えたアダプティブ コンピューティングが選ばれる理由であり、必要な速度と確実性を確保しつつ制御ループの効率性を最大化できます。マイクロプロセッサの場合は、割り込みによる制御ループと非確定的な動作を伴うモーションを実行するアプリケーションとの間に高い相互作用があるためほぼ実現不可能です。アダプティブ コンピューティングについては、この eBook の後半で詳しく説明しています。



要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御にAMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

モーター制御とは

電動駆動によるモーター性能の制御方法

モーターの出力と性能の制御には電動駆動が使用されます。Omdia 社の調査によると、図 2 に示すように、電動駆動ユニットの全世界出荷台数は 2021 年以來年々増加しており、2026 年までには 4000 万台に近づくと予想されています。²

モーター制御とは、電流測定値、ローター位置測定値、および指定した設定値からの偏差に基づいてモーター内の磁場を連続的に調整するプロセスです。モーター制御によって、モーターの速度、トルク、位置が決定し、すべてのパラメーターを正常な

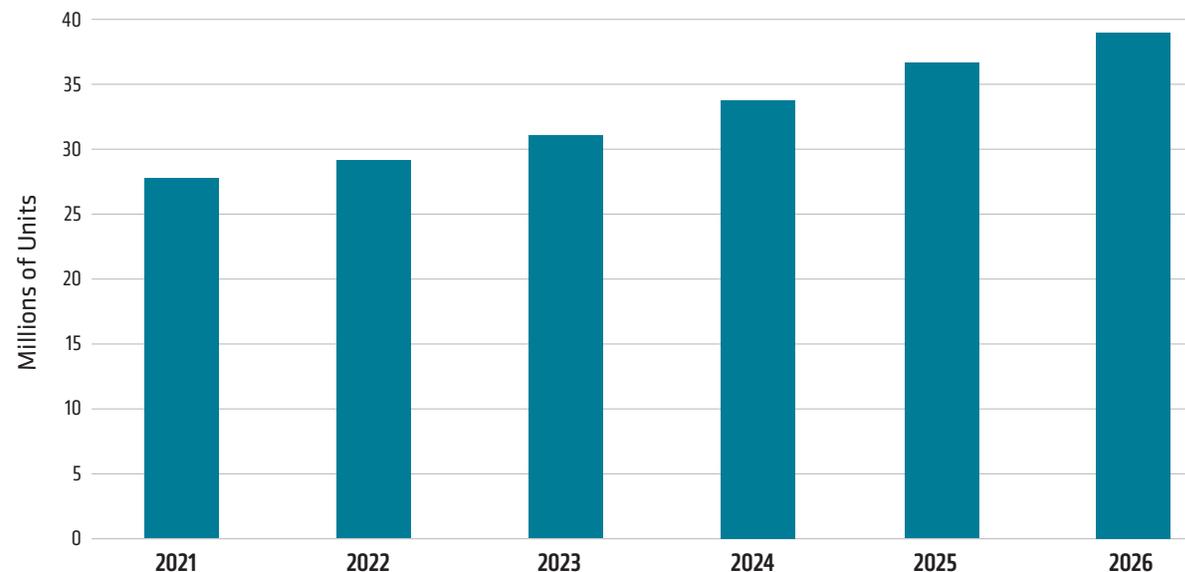
動作範囲内に維持することで、モーターを保護する役割も果たします。

この動的なプロセスによって、電流とローターの位置が継続的に測定されます。モーターが低速動作する場合、モーター制御によって生成される電圧は、その速度に合わせてローターを動作させるようにし、その速度よりも速く動作させないようにします。モーター制御はモーターから情報を受け取り、ローターが想定位置からずれている場合、すばやく調整して同期させます。

モーター制御は、正確な入出力パラメーターを繰り返し生成し、速いほど制御精度が高まります。また、モーターに割り当てることができる計算が多いほど、結果の精度が向上します。次に発生する電圧を正確に計算して予測できれば、モーターの回転角度をより正確に制御できます。モーターは常に、ローターを動かすのに最適な位置に磁場を生成する必要があります。必要なトルクや速度を生成するには、モーター内の磁場は常に正確な角度で調整され、最適化される必要があります。これにより、エネルギーがローターにトルクとして効率的に転換され、無駄な消費がなくなります。また、モーターをコントローラーで正確に管理できると、音響ノイズや振動を低減して電磁放射を最小限に抑えることができます。

既に説明したとおり、磁場の生成と制御がモーターの動作や性能に大きな影響を与えます。つまり、磁石の性能が不安定な場合は、ローターが回転するたびにモーター制御による調整が必要になる可能性があります。すべての磁石には独自の磁気特性があるため、磁力を正確に測定できるほど、モーターの性能は向上します。ローターの各回転で誤差を修正することにより、モーターの効率が向上し、その寿命延長にもつながるのです。

モーター駆動ユニットの出荷数



Source: Omdia

図 2. Omdia 社は、産業用モーター駆動装置市場における世界出荷台数が 2026 年までに約 4,000 万台に達すると予測

モーター制御で対処できるパラメーター

要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御にAMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 50M の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

電動モーターの性能に影響を及ぼす要因は数多くありますが、モーター制御を使用して測定および調整できる具体的な例をいくつか紹介します。

電磁干渉 (EMI) は、機器から発生する電氣的な「ノイズ」です。従来より、モーターにはパルス幅変調ベースのインテリジェントな制御機能があり、ノイズを分散することでピークを回避できます。この変調を使用して EMI を制御した場合、エネルギーレベルではピークが弱まります。

トルクもモーター制御で調整できます。トルクとは、電力を供給したときにエンジンから得られる動力です。モーター制御を使用すると、ローターの角度を調整して出力を調整したり、効率を向上させることができます。

モーターの同期 - 複数のモーターを同じチップで制御すると、それらの負荷を分散させることができます。モーター制御を使用する場合、複数 (たとえば 4 つの) モーターを並列で動作させ、同期させることができます。すべてのモーターが同じ速度、同じローター角度で動作できます。一般的に、このような例では 4 つの小型の同期モーターの方が、1 つの大規模モーターよりも耐久性と信頼性に優れています。

安全性 - セーフ ドライブ機能は、モーターが予想範囲内で動作していることを監視する追加領域を備えたモーター制御ユニットです。位置や速度には安全上の制限があり、チップ上の追加の回路 (領域) で、モーターがその制限の範囲内で位置や速度で動作しているかどうかを監視します。モーターの回転が速すぎたり遅すぎたりする場合は、安全機能としてモーターを停止できます。また、アイソレーション デザイン フローを使用して同じデバイスにこの機能を実装した場合、モーター制御と並列動作させることが可能です。

製品の長寿命化 - モーター制御による予知保全を活用することで、モーターの長寿命化が可能になります。たとえば、モーターからのフィードバック情報から変化に気づくことができます。モーターに送る電流は、モーターに接続されたすべてのワイヤで均一に流れるとは限りません。ケーブルの緩みや断線によって間隔が異なる場合は、予知保全機能によって通知を受けることができ、大規模な故障につながる前に適切に対応できます。モーターは、高価な磁石と銅線コイルで構成されており、エンクロージャには鋼鉄やアルミニウムなどの天然資源が使用されています。その他、耐久性の高いベアリングと潤滑も必要です。予知保全によるモーターの長寿命化は、モーター製造量を削減し、ひいては天然資源の使用量の削減につながります。

電力効率 - 産業用モーター制御の主な用途の 1 つは、エネルギー効率を向上させることです。工場で使用される電力の約 70% がモーターで消費されていると推定されています。そのためモーターの効率を向上させれば、工場の収益に大きなメリットをもたらします。

音響ノイズ制御 - モーター内で発生する音響ノイズの主な原因は、トルクリップル、磁気干渉、振動です。これらの問題が生じるさまざまなアプリケーションでモーター制御技術を活用することで、音響ノイズと振動の両方を低減できます。



サイドバー

EV 充電におけるモーター制御

電気自動車 (EV) 業界における最も大きな課題の 1 つは、バッテリー充電時間です。充電場所にもよりますが、フル充電には約 30 分～数時間かかると言われている中、モーターを管理 / 制御する技術を応用すれば、EV 急速充電ステーションを構築できることがわかっています。AMD の技術では、EV 充電の次の 4 つのエリアを強化できます。

- **電力と制御** - AMD のアダプティブ SoC (システム オンチップ) および SOM (システム オンモジュール) デバイスは、主要コントローラーの基盤ソフトウェアの更新なしで、電力システムを完全に制御できます。また、これらのデバイスは高速スイッチングを可能にする高速制御ループを構築できるため、車両バッテリーへの電力供給がほかのアプローチよりも効率的かつ高速になります。
- **シミュレーション** - AMD デバイスを使用することで、必要なハードウェアを繰り返し増やすというリスクを最小限に抑え、制御システムやコンバーターの性能を最適化できます。

- **安全性とセキュリティ** - AMD のソリューションは、ハイパーバイザーとマルチコアを使用してさまざまなクリティカリティに対応でき、ASIL D や SiL3 などの自動車および産業規格の安全認証の認定対象になります。
- **クラウドおよびウェブ** - AMD は、クラウドサービス、Python サポート、JavaScript のオフロードと高速化、およびイーサネット接続を統合できます。

AMD のモーター制御技術は、EV 充電のみならず、V2G (vehicle-to-grid) にも応用できます。AMD の技術により、電気自動車やハイブリッド車の所有者は、停電時に車両から家庭用電力を供給したり、電力グリッドに電力を売却したりすることが可能になります。図 3 は、ABI リサーチ社の市場調査に基づいた推計であり、世界の電気自動車数が急増することを示しています。同社は、2021 年から 2033 年までの間に、電気自動車の需要が年平均成長率 (CAGR) 26% で増加すると予測しています。

世界の電気自動車登録台数

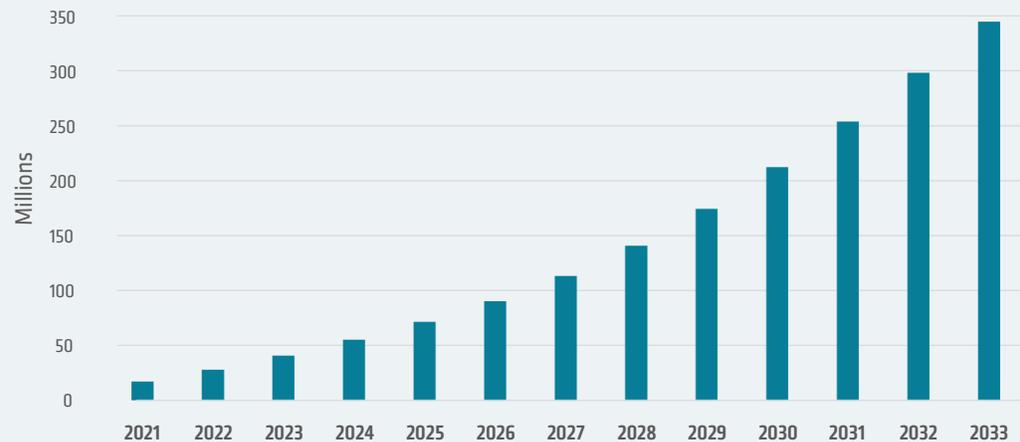


図 3. ABI Research 社は、2033 年までに世界中の電気自動車登録台数が 3 億 4,000 万台を超えることを予測。

出典: ABI Research 社「Vehicle and Mobility Services」、2023 年 8 月 21 日



- 要旨 2
- AMD について 3
- 電動モーターの概要と進化 4
- モーター制御とは 6
- モーター制御で対処できるパラメーター 7
- EV 充電におけるモーター制御 8
- モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ 9
- アダプティブアプローチが最適 10
- モーター制御に AMD が最適な理由 11
- モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場 14
- モーター制御アプリケーション 16
- まとめ 18
- その他のリソース 19
- 脚注 19

モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ

重視する要素を考える

ブラシレス モーターには、正確なモーター動作を実現するために電流を制御する電子回路が必要です。エンジニアは通常、次の3つのアプローチから最適なソリューションを選択します。

1. CPU + DSP: このアプローチは、異なるタスクが割り当てられたディスクリート CPU とデジタルシグナルプロセッサ (DSP) デバイスを使用して、それらを協調動作させることで目標の動作を実現する方法です。
2. システム オン チップ (SoC) は、MCU を搭載したボードに必要なコンポーネントを統合した単一チップソリューションです。

3. システム オン モジュール (SOM) は、モーター制御向けに最適化された専用ロジックでサポートされているため、より高い周波数を生成し、高精度の調整を可能にします。

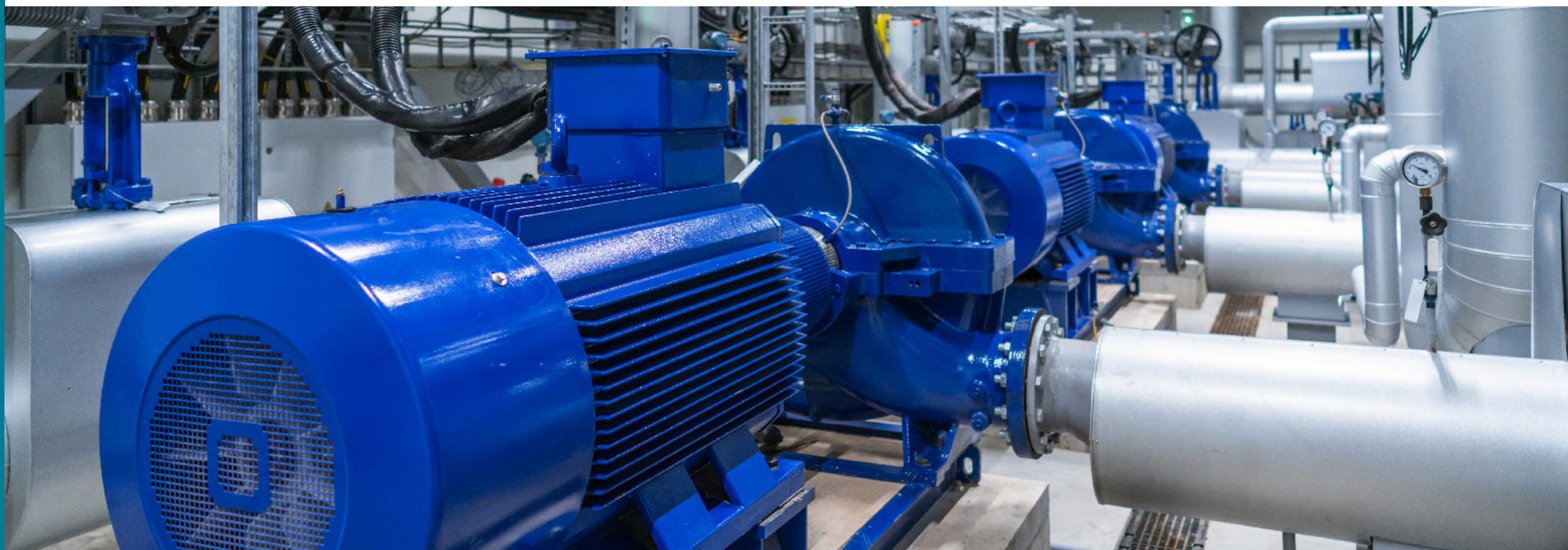
次に示す要件を考えることで、最適なアプローチを判断できます。

1. ボードスペース - ディスクリート コンポーネントを配置する十分なスペースがあるか。または、高度に統合されたソリューションが必要か。
2. BOM コスト - ソリューションがプロジェクト全体にもたらす価値に対して、BOM コストをどの程度まで許容できるか。

3. 機能安全 - 機能安全はどの程度重要か。また機能安全を確保するために外部ユニットが必要か。

4. モーターの効率性 - どの程度の効率性が必要か。また必要な精度レベルに最適なソリューションはどれか。

5. 接続性 - CAN、Fieldbus、産業用イーサネット、TSN の統合、またはワイヤレス。



要旨 2

AMD について 3

電動モーターの概要と進化 4

モーター制御とは 6

モーター制御で対応できるパラメーター 7

EV 充電におけるモーター制御 8

モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ 9

アダプティブアプローチが最適 10

モーター制御にAMD が最適な理由 11

モーター制御に最適なKria K24 SOM の登場 14

モーター制御アプリケーション 16

まとめ 18

その他のリソース 19

脚注 19

要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

アダプティブ アプローチが最適

アダプティブ コンピューティングの柔軟性がモーターの性能を向上

電動駆動装置のモーター制御には FPGA ベースのアダプティブ SoC (システム オン チップ) が使用されます。SoC は、ステーター内で生成される磁場を制御して、ステーターとローター間の干渉を常に最小限に抑えるため、熱ではなく運動を作り出します。また、アダプティブ SoC を使用することで、ステーターコンポーネントの駆動を最適化できます。

高精度の電流制御

電動モーターでは、電源に三相の電流が供給され、これらの電流はマイクロ秒単位で精密に制御される必要があります。特定のアルゴリズムを適用する際、ステーターに供給される電流を監視します。そしてモーター内で使用される電流を把握することで、モーターのトルクを推定できます。この制御メカニズムは「フィールド指向」と言われています。つまり計算によってフィールドを調整して最適な方向に向けます。アダプティブ SoC では、ローターにかかる力が常に最適な方向に向くよう、最適な制御を実現できます。これは、ローターの位置を常に把握できなければ難しい技術です。動いているローターの位置を特定するために、コントローラーはステーターに取り付けられたセンサーを使用します。このセンサーは指定された基準点に基づいてローターの角度位置を提供します。つまり、角度情報をレポートします。この角度情報に基づいて、コントローラーは駆動を最適化し、モーターの位相ごとに適切な電流を生成して、モーターの動作を最大限に効率化します。

この情報がなければ、モーターの効率が悪化して電力消費が増大し、最終的にオーバーヒート、または効率的に最大トルクを発揮できない可能性があります。

予防保全

電動駆動コントローラーは、モーター内のパラメーターを最適化するだけでなく、予知保全にも使用できます。ローターで生成される電流が適切な状態にあるか、またボールベアリングが適切な位置に揃っているかなど、その他に問題が発生していないかを推定が可能です。アダプティブ SoC は、モーターの巻線を通じて連続的に電流を測定し、それらの情報をリアルタイムで処理できます。

変調

もう1つ重要な要素は、モーターにおける精密な電圧制御です。アダプティブ SoC には、パルス幅変調が組み込まれているため、電圧変調や電磁干渉 (EMI) を効果的に制御でき、この機能を使用して、パルスでモーターに電圧をかけることでモーターの速度を調整できます。また、「ノイズ」を広い周波数帯域幅に分散させて EMI を緩和することも可能です。FPGA ベースのデバイスを使用することで、高度な機能に対応するための拡張性および EMI ノイズを最小限に抑えるための柔軟性を備えた変調機能を実現できます。

要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

モーター制御に AMD が最適な理由

AMD のアダプティブ ソリューションは、ほかにはない多くのメリットを提供

ハードウェア ベース

AMD のソリューションは、ソフトウェアの干渉を受けることなくハードウェア主体でモーターを制御できます。電流制御をハードウェア内のプログラマブル ロジックで実行することで、通常ソフトウェアで発生する問題を排除できます。コントローラーの観点からは、ソフトウェアの干渉を受けずにハードウェアでコントローラーが動作できることは重要なメリットであり、大きな問題が1つ解決されたこととなります。制御エンジニアは、モーターが正常に動作しない可能性を懸念して、モーターを駆動する割り込みルーチンに踏み込むことに慎重になるかもしれません。しかし、AMD のプログラマブル ロジックでモーター制御を実行すれば、ソフトウェアと割り込みルーチンを切り離すことができるため、よりシンプルで使いやすいソリューションを構築できます。

AI ベースのデータ処理

AMD のモーター制御ソリューションは、電流、電力、動きなど複数の情報を制御変数として取得し、それらのデータを分析して予知保全、ロギング、異常検知などを可能にします。標準的なプロセッサでデータ処理を実行するには、膨大な計算量になります。AMD の技術を使用すれば、AI の応用が可能になります。

AI にはデータが必要です。予知保全や機能安全のように、データを提供しなければ、システムは異常や欠陥を検出できません。AMD のソリューションは、電圧、角度、およびコマンドなどの情報を収集する演算能力を備えているため、そのデータを基にデータベースを作成し、指定したシステムにリアルタイムに

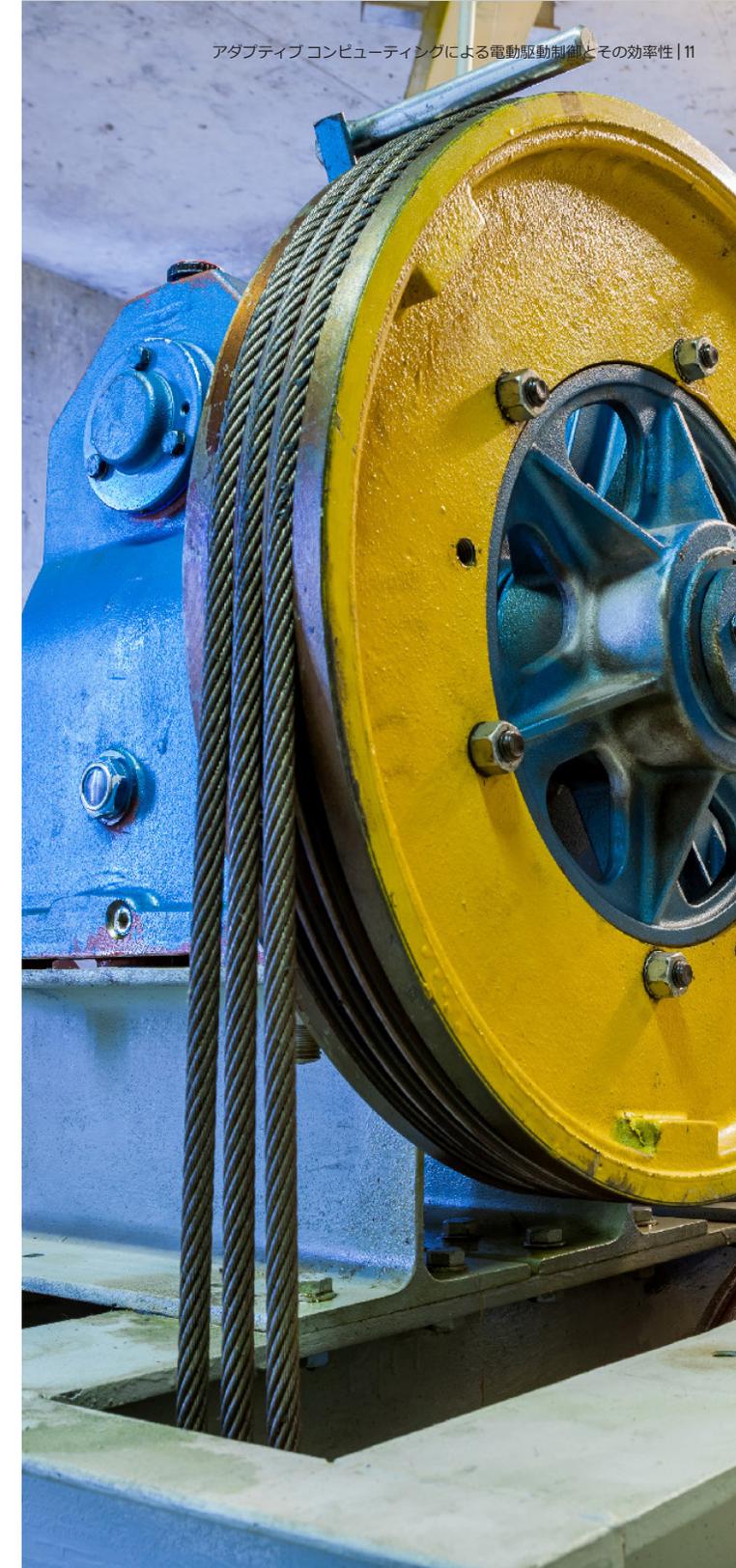
供給できます。したがって、それに基づいてモーターの動作を事前に予測できます。

マルチモーター制御

単一コントローラーで複数のモーター（6 軸モーターなど）を制御する場合、データの収集と処理が複雑化しますが、AMD 技術のプログラマブル ロジックを使用することでこれは簡単に解決します。プログラマブル ロジックの「並列処理」機能を使用して複数モーターを同時に実行できるためです。

マルチプロトコル サポート

近年、制御エンジニアの多くは、フルシステムの柔軟性を求めるよりも、単一システムを構築して、EnDat、BISS、Hiperface DSL などのさまざまな最新規格に対応できる柔軟性を求める傾向があります。センサー メーカーは、それぞれ独自のプロトコルを採用しています。AMD の技術では、プログラマブル ロジック内でさまざまなプロトコルをインスタンス化できるため、よりすばやくデータをサンプリングできます。これは、AMD が誇る柔軟性メリットの1つであり、データの取得と制御に必要な要素として AMD が選ばれている主な理由です。



- 要旨 2
- AMD について 3
- 電動モーターの概要と進化 4
- モーター制御とは 6
- モーター制御で対処できるパラメーター 7
- EV 充電におけるモーター制御 8
- モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ 9
- アダプティブアプローチが最適 10
- モーター制御にAMD が最適な理由 11
- モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場 14
- モーター制御アプリケーション 16
- まとめ 18
- その他のリソース 19
- 脚注 19

効率的なデータ処理

AMD 技術を使用するもう1つのメリットは、ネットワークと制御を統合できることです。TSN (Time-Sensitive Networking) を使用することで、プロセッサを経由せずに、モーターに必要な同期情報をハードウェアから直接取得できます。これは非常に効率的なデータ処理方法であり、リアルタイム処理に不可欠です。

柔軟かつ拡張性のあるデータ収集

AMD の技術はサンプルデータの収集にも優れた能力を発揮し、そのサンプルデータは、予知保全やモーター診断に役立つほか、効果的な制御手法を使用してモーターを最大効率で継続的に動作させるためにも役に立ちます。また、プログラマブルロジックを活用する独自機能を備えており、位置センサーや速度センサーおよびアナログ デジタル コンバーター (ADC) から収集したデータを、処理システムのメイン DDR メモリに直接送ることができます。これによって、CPU に負担をかける

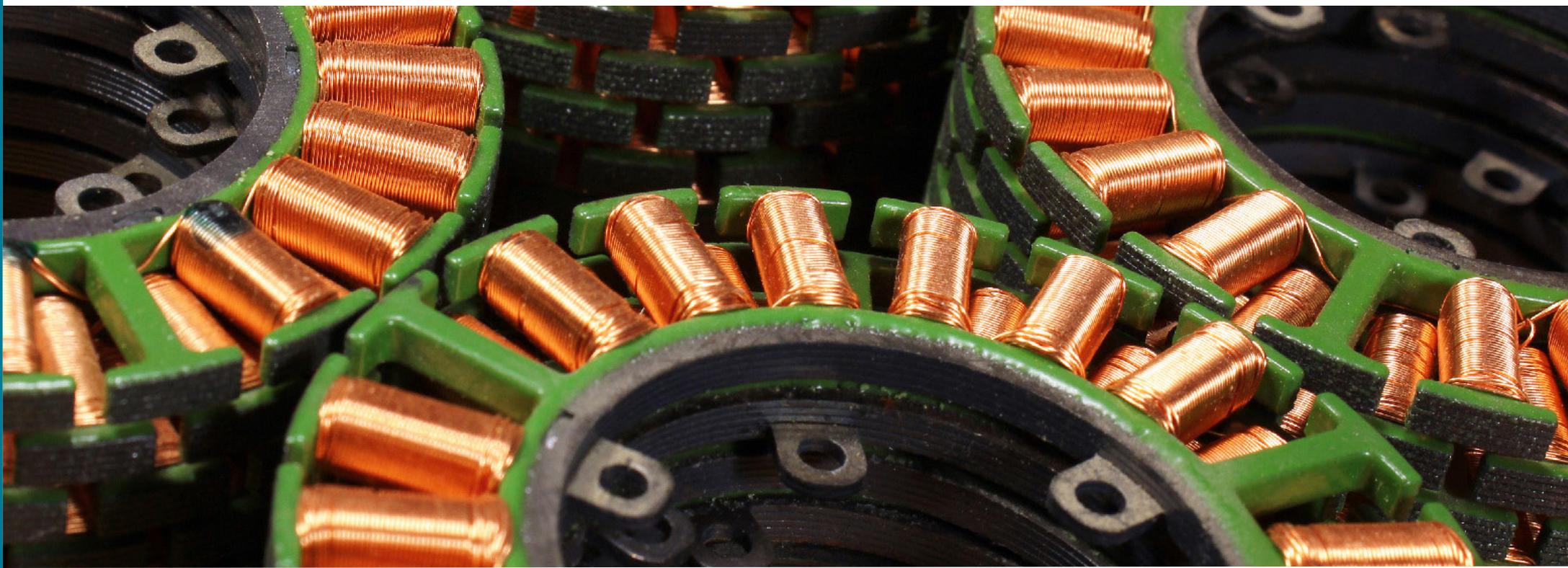
ことなく、リアルタイムにデータを収集し、モーター内で発生する非常に小さな変化まで記録できる完全同期のデータ ロギングが可能になります。

AMD デバイスはさまざまな種類のデータに対応でき、使用するセンサーやデータセットに合わせて拡張 / 調整可能です。その上、プログラマブルロジックの DSP (デジタル信号処理) 機能を利用することで、収集したデータをリアルタイムに処理できるようになるため、CPU はリアルタイム処理という厳しい要件から解放されます。プログラマブルロジックに配置されたデータとアルゴリズムの特定の組み合わせにより、機械学習技術を適用してデータストリームから特徴やその他の情報をリアルタイムに抽出し、DDR メモリに格納できます。このような機能を提供できることから、AMD の技術によって比較的安価に高性能なデータ収集とデータ処理を実現できます。

AMD のソリューションは性能効率においても柔軟性があります。一般的なシステムでは、電流用に3つ、電圧用に3つのADCが

必要です。また、電源と電流用のコンバーター、さらにはフィードバックセンサーや通信バス用にも追加でコンバーターが必要な場合があります。一般的なモーター制御システムのように、これらの情報をすべて収集して DDR メモリ / ストレージに転送しようとする、プロセッサが各データポイントを個別にサンプリングするため、時間がかかります。AMD のソリューションでは、これらのデータを同時にサンプリングし、一度に膨大な量の情報を転送できます。

性能と柔軟性の両方を重視するのであれば、AMD テクノロジーが最適です。アプリケーションの複雑さが増し、AI 処理に対する比重が大きくなるほど、AMD ソリューションは競合他社に比べてより魅力的な選択肢となります。また AMD ソリューションでは、収集されるすべてのデータがリアルタイムで DPU に供給されます。これにより、DPU はデータの異常を即座に検出でき、データを一つ一つサンプリングする方法よりもはるかに効率的です。



要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19



モーターの高速化、小型化

AMD ソリューションは、コンパクトな高性能モーターの設計をサポートします。このようなモーターを制御するには、ローターの角度を高速でサンプリングする必要があります。AMD は非常に高いサンプリングレートに対応でき、通常のマイクロコントローラーでは制御できないモーターを駆動できます。この機能は産業用オートメーションに限らず、自動車産業にも適用可能です。AMD 技術の利点は、確定性の高い制御を実現できることにあります。ハードウェアで実行することで、必要な速度に合うように、制御の全段階を正確なタイミングで処理できます。

最新スイッチング トランジスタ技術の利用

第 3 章で詳述したとおり、AMD ソリューションでは、SiC や GaN などの最新のパワー スイッチの利用が可能になります。なぜ、SiC や GaN がパワー エレクトロニクスに関連するのでしょうか。軽量化が求められる分野、特に輸送システムでは、パワー エレクトロニクスの小型化が非常に重要視されています。さらに、SiC と GaN は、標準のシリコンよりも高温での動作が可能です。シリコンは最大 140°C まで安定した動作が可能です。SiC や GaN は 175°C を超える環境でも安定した動作を継続できます。高温に耐えることができれば、冷却システムを小型化でき、システム全体をよりコンパクトなパッケージに収めることができますが、電力の観点、動的損失の最小化という観点からすると、SiC と GaN のメリットを最大化するには高速制御が必要です。AMD のプログラマブル ロジックは、SiC や GaN のドライバー ステージと密接に統合できるため、駆動と応答をほぼリアルタイムで実行でき、これらのデバイスを最高の効率で動作させることが可能です。モデル予測制御などの最新技術も CPU を経由せずに適用でき、高速な反応と計算がハードウェア上ですべて実行されます。これは、デジタル手法を用いて完全に実現されるため、アナログ コンポーネントの負担なしでアナログ システムとほぼ同じ速度の性能を提供します。

セキュリティ機能

AMD のモーター制御ソリューションは、改ざん監視からライセンス管理まで、多層的なセキュリティ機能を提供します。

複数の産業用ネットワークプロトコルをサポート

AMD のソリューションは、設計の柔軟性を高めるために、複数の産業用ネットワークプロトコルをサポートしています。

機能安全

AMD のソリューションは、最新の機能安全規格をサポートするように設計されています。万が一、局所的な障害またはシステム障害が発生した場合でも、障害は迅速に検出されて対処されるため、影響を最小限に抑えることができます。

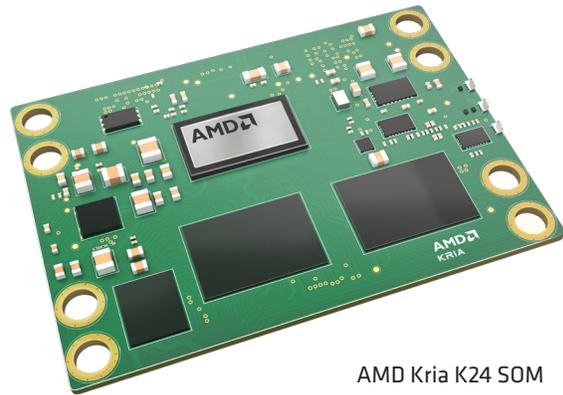
低レイテンシ

AMD のモーター制御ソリューションは、IT タスクと運用タスク間の通信を超低レイテンシで実現できるため、システムは高速動作し、効率的にタスクを実行できます。

要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

モーター制御に最適な Kria™ K24 SOM の登場

AMD の Kria K24 SOM は最適化されたコンピューティング、スケーラビリティ、容易な信号処理を提供



AMD Kria K24 SOM

エンベデッド システム アーキテクトは、エッジ環境でデジタル信号処理 (DSP) の負荷が高いアプリケーションで、高効率、高性能を実現することが求められています。

小型フォーム ファクターの AMD Kria™ K24 SOM とモーター制御アプリケーション向けの KD240 ドライブ スターター キットは、Kria SOM ポートフォリオで電力、性能、コストを最適化したソリューションを提供しています。

SOM は、エンベデッド プロセッシング システムの主要コンポーネントを量産対応の1枚の PCB に統合したソリューションです。

チップダウン ソリューションと比較したときの SOM の主な利点は次のとおりです。

- 製造時間と部品数を削減できる
- 製品ライフ サイクル管理がシンプルになる
- デザインがシンプルになり、開発時間が短くなる
- 貴重なエンジニアリング リソースの利用効率を向上できる
- 運用フローがシンプルになり、運用コストを削減できる
- 電力効率が高い

AMD Kria K24 SOM は、革新的な産業用および商業用エッジソリューションの設計をシンプルにすることを目的に構築されています。この製品は、最適化されたコンピューティング、スケーラビリティ / 適応性、簡単な信号処理を提供することで、ロボットの駆動装置やアクチュエータから産業用モーターやイーサネット ゲートウェイに至るまで、幅広いエッジアプリケーションに対応できる持続可能なソリューションを構築しやすくします。

Kria K24 SOM は、コスト、消費電力、性能に最適化された競争力のある優れた製品で、PCB を変更することなく、消費電力、コスト、および性能レベルを細かく調整できるスケーラブルなハードウェアを備えています。このソリューションは、産業用環境での使用認証を取得済みで、その容易な信号処理は多くのデザイン フローをサポートします。これには、MATLAB Simulink といった一般的によく使用されている設計ツールや、PYNQ™ フレームワークの広範なエコシステムをサポートする Python のような言語のサポートが含まれます。

モーター制御に Kria K24 SOM を使用する主な利点は次のとおりです。

高速な処理性能

Kria は制御ループを超高速で処理します (1 モーターあたり毎秒 100,000 ループ)。



AMD KD240 ドライブ スターター キット

オンチップ メモリ

Kria K24 SOM は、故障診断や予知保全に最適なオンチップのブロック ランダム アクセス メモリ (BRAM) を搭載しています。このメモリは、直近の 0.5 秒前または 1 秒前までに取得したデータの参照に使用できます。BRAM と URAM (Unified Random Access Memory) の両方を備えた AMD アーキテクチャでは、オンチップ メモリを使用して一定間隔でデータを取得できるため、モーター状態の監視に有用です。

TSN インターフェイス

モーター制御を行うすべてのデバイスが Kria のように Time-Sensitive Networking (TSN) インターフェイスを備えているわけではありません。1つのデバイスにこの機能を統合することで、別途コントローラーを追加する必要がなくなり、コストとボードスペースを削減できます。

標準の産業用ネットワーク

K24 は、TSN のほかにも EtherCAT®、PROFINET®、EtherNet/IP® など多数の産業用ネットワーク規格をサポートしています。

標準のフィールドバス

K24 は CAN インターフェイスをサポートし、KD240 には CAN 2.0 インターフェイスに対応するためのコネクタが備えられています。

要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

アプリケーション

Kria SOM では、アプリストアからアプリケーションをダウンロードし、デザインに機能を追加したり、デザインをカスタマイズしたりできます。KD240 スターターキットと組み合わせることで、設計者は必要としているツールを手に入れ効率的な開発が可能になります。

変調

マイクロコントローラーベースのソリューションは処理速度が遅いため、変調機能の能力が足りなくなると、デバイスを追加する必要があります。一方、アダプティブ SOC ベースの Kria SOM を使用する場合は、FPGA にインスタンスを追加するだけで簡単に変調機能を追加できます。さらに、プログラマブル技術を使用することで、変調プロセスで生成される高調波を広い帯域に広げることができる特殊な変調機能を提供できます。これにより、ノイズのコンテンツが広範な周波数に分散されて、その影響が非常に小さくなります。このことは、音響ノイズが抑制されるだけでなく、通常の変調方法で副作用として生じるトルクリップルも最小限に抑えられるため、大きなメリットです。

最新のパワースイッチとの互換性

標準的な CMOS マイクロコントローラーを使用するモーター制御ソリューションでは、スイッチング周波数が制限されていますが、AMD の Kria SOM では、シリコン カーバイド (SiC) のような高い周波数でスイッチングする最新のスイッチングシリコンに適応できます。シリコン カーバイドは永久磁石モーターを用いたテストに理想的です。Kria K24 ソリューションは、フィールド指向制御にプログラマブルロジックを使用し、またシリコンカーバイドでスイッチング周波数を高くできるという利点を最大限に活かせるよう確定的な高速制御ループを可能にします。

セキュリティ機能

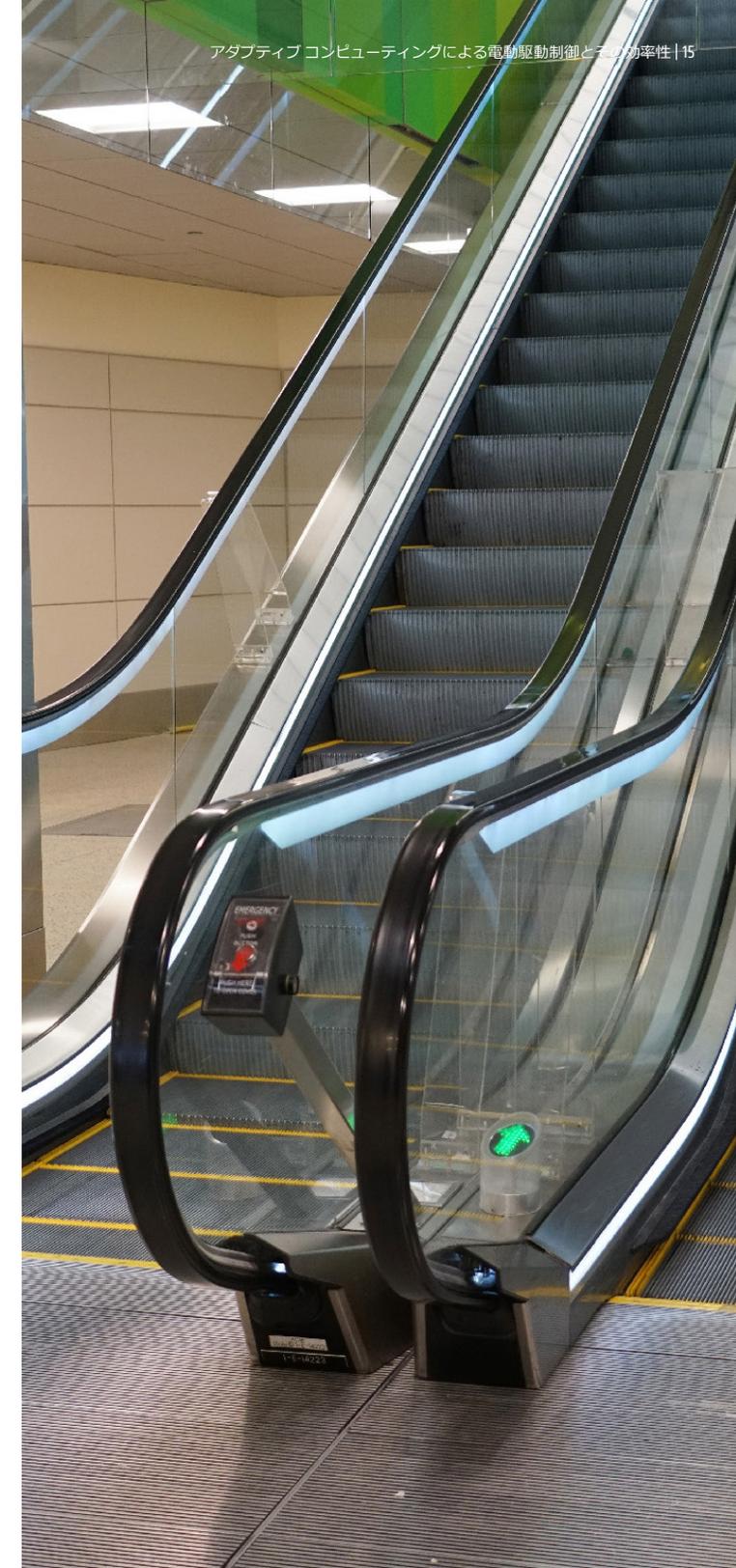
Kria SOM では、無線で簡単にソフトウェアやセキュリティ機能をアップデートできるため、モーターの使用期間を延ばすことができます。また、MPSoC に内蔵された専用ハードウェアとオンボードの TPM (Trusted Platform Module) デバイスの 2 段階のセキュリティ機能を提供します。これらを組み合わせることにより、改ざん監視や暗号ハードウェア アクセラレーションが可能になります。また、組み込まれている TPM 技術を使用することで、接続を安全に保護し、ライセンス管理を追加してセキュリティを強化できます。

信頼性

Kria SOM は複数のモーターを同期させることができ、オンボードのエラー訂正機能 (ECC) とシステムモニタリング機能を提供します。また、AMD は当社のデバイスに関する信頼性レポートを年 2 回公開しています。

デザインフロー

もう 1 つの差別化ポイントはデザインフローです。AMD 製品だけを使用する場合、1 つのツールですべての開発プロセスに対応できるという利点があります。AMD の統合ソフトウェアにすべて (Python および MATLAB サポートを含む) がまとまっているため、はるかに便利になり、安全要件をより簡単に満たすことができます。



モーター制御アプリケーション

OEM メーカーが差別化のために AMD テクノロジーを採用

モーター制御に AMD のアダプティブ コンピューティングを使用しているカスタマー事例は数多くあります。たとえば、AMD の技術は最高性能のレーシング カーや電気自動車 (EV) に採用されています。これは、車のバッテリーやモーターからより多くのデータと性能を引き出すことができるからです。

バッテリー管理とモーター制御の効率化のために、AMD の 16 nm Zynq™ UltraScale+™ MPSoC または 28 nm Zynq 7000 SOC が使用されている事例があります。これらのデバイスでは洗練された波形を作成できるため、スイッチング ギアからモーターへ、または外部のチャージャーからバッテリーへ効率的な電力伝送が可能になります。また、運転中にバッテリーの電力をモーターに伝送する際にも AMD の技術が使用されています。AMD のモーター制御技術は効率性を向上できるため、バッテリー寿命が長くなり、無駄なエネルギー消費を削減でき、より持続可能なプラットフォームが実現します。

AMD の技術は、ほかの分野にも適用されています。たとえば、ドライバーが 1 マイル走行した後のバッテリー残量、あるいは長時間走行した後のバッテリー残量のモデル化を望む場合、AMD の技術でこれを実現できます。ドライバーは、自動車の高度なモデルを実行し、それらを過去のレースや専門研究機関の

モデルと比較します。この結果から、ドライバーはバッテリーを最も効果的に動作させることができるモデルの組み合わせを判断できます。



ディーゼル列車では、車輪を回しているのはディーゼル燃料ではなく、電動モーターであることに驚かれるかもしれません。ディーゼル燃料は電動牽引モーターを動かすのに使用されますが、実際に車輪を回すトルクを生み出すのは牽引モーターです。

したがって、モーター制御は列車の運行において重要な役割を果たします。最新の列車にはインテリジェンス機能が搭載されており、鉄道輸送の速度、安全性、信頼性、快適性を高めています。車上装置および地上装置システム設計のあらゆる側面に革新技術を取り入れることで、性能と効率が向上し、安全性とセキュリティも強化されます。車上制御システムは、ドア、照明、カメラ、エアコン、ブレーキ、化粧室、ディスプレイ、診断機能、電源管理など、異なるキャビン コンポーネントからの大量データをリアルタイムに処理し、常に耐障害性能を備えています。地上装置は、インテリジェントな信号処理によって安全な交通制御を行い、プラットフォーム上および線路に沿った配電の管理、さらにビデオ監視を担って、ディスプレイやその他の情報システムを通してプラットフォームにいる乗客をサポートします。このような装置は、可用性やビルトインの診断機能、ネットワークとの互換性に関する高い要件を満たす必要があります。AMD は、スケーラブルな処理性能、確定性の高いプログラマブル ロジック、機能安全の認定を受けたデザイン フロー、最新鋭のセキュリティ技術を提供しているうえに、過酷な条件で長期的に維持できる信頼性も達成しています。

MATHWORKS ワークフローによるシンプルな設計

MathWorks 社が AMD Kria SOM 開発ボードでの使用に最適なモーター制御ワークフローを開発しました。このワークフローでは、デザインのプロトタイプ化が容易になります。新しいスキルは不要で、チップに必要なすべてのアルゴリズムを簡単に構築できます。このワークフローの使用方法については、[こちら](#)をご覧ください。



要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

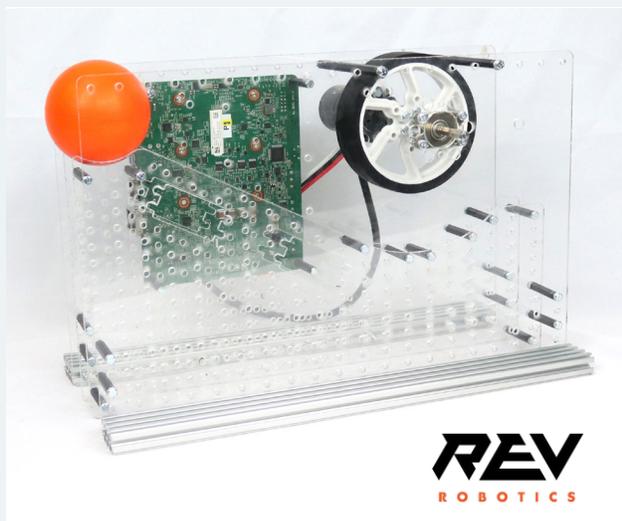
要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御にAMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

AMD 搭載の協働ロボット

産業分野では、**ABB ロボティクス**の GoFa™ **協働ロボット**に AMD の電動駆動とモーター制御ソリューションが搭載されています。この分野のロボットは、製造や組み立てラインなどで人間と安全に共同作業できるように設計されます。AMD の適応型の Zynq コントローラーには、確定性、優れた性能と電力効率が備わっており、単軸制御から多軸制御への拡張が容易です。ABB 社はこのソリューションを採用して、ソフトウェアでアルゴリズムを開発し、AMD の Vivado™ Design Suite を使用してハードウェアで最適化することができました。その他、変更するコンパニオンチップへの柔軟なインターフェイス、コンプライアンスに遵守し、システムコストとリスクを低減する機能安全機能、タイム トウ マーケットの短縮も実現しています。



AMD と互換性があるモーター アクセサリバック



REV Robotics 社は、Kria KD240 ドライブ スターターキットと互換性のある REV Robotics 2-in-1 モーター アクセサリキットを開発しました。これを利用することで、Vitis™ モーター制御ライブラリをベースにしたモーター制御向けのアクセラレーション アプリケーションをシームレスに評価できます。このモーター アクセサリバックには、REV Robotics 社のモーターとエンコーダーのソリューション、フォーム ボールを発射するためのフライホイール組立、位置制御用のアームが含まれており、KD240 スターター キットを使用して開発を始める際に役に立ちます。詳細は、[こちら](#)をご覧ください。



要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対応できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御に AMD が最適な理由	11
モーター制御に最適な Kria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

まとめ

電動駆動制御とその効率性の向上

電動モーターは、我々が日常的に利用する多くの機器に使用されています。発電、ロボット、EV 充電、医療用画像処理、患者ケア、公共交通機関など、どの分野であっても、AMD のモーター制御向けアダプティブソリューションによって電動モーターをより効率的に稼働させることができます。

AMD Zynq UltraScale+ MPSoC デバイスをベースに構築された AMD Kria K24 SOM は、高い信頼性と、モーター性能の最適化や製品の長寿命化を可能にする優れた統合性を提供します。

AMD のアダプティブコンピューティングソリューションにより、開発者はダウンロード可能なアプリケーションを利用してデータ処理機能を高速化でき、また機能の追加やカスタマイズも簡単に行うことができます。

詳細は、<https://japan.xilinx.com/products/som.html> をご覧ください。



要旨	2
AMD について	3
電動モーターの概要と進化	4
モーター制御とは	6
モーター制御で対処できるパラメーター	7
EV 充電におけるモーター制御	8
モーター制御を実現するためのさまざまなアプローチ	9
アダプティブアプローチが最適	10
モーター制御にAMD が最適な理由	11
モーター制御に最適なKria K24 SOM の登場	14
モーター制御アプリケーション	16
まとめ	18
その他のリソース	19
脚注	19

その他のリソース

- [AMD Kria K24 SOM](#)
- [AMD KD240 ドライブ スターター キット](#)

脚注

1. 『[Energy Efficiency 2022](#)』 ([windows.net](#)) 64 ページ、国際エネルギー機関 (IEA)、2022 年 12 月
2. 『[Motors & Drives Vertical Applications Intelligence Service](#)』、[Omdia](#) 社の市場調査レポート、2023 年
3. 『[Vehicle and Mobility Services](#)』、[ABI Research](#) 社の市場調査レポート、2023 年 8 月 21 日