Information to Power Your Designs

バッテリー駆動アプリケーション向けのシステム ソリューション：インフィニオンによる4回にわたるビデオ解説シリーズPart3 低電圧モーター駆動／制御アプリケーションにおける集積度の最大化とEMI課題への対応

著者: インフィニオン　テクノロジーズ社、シニア スタッフ アプリケーションエンジニア Liz Zheng、リード プリンシパル エンジニア、プロダクト＆システム アプリケーション担当マネージャー Peter Green

日付: 2022 年 1 月 31 日

カテゴリー:EMI /EMC, MOSFETs & Power MOSFETs, Motors & Motion Control, PCB (Printed Circuit Boards), Power ICs
Tag: @psd #technology #infineon

人間工学に基づいたコンパクトでパワフルなバッテリー駆動ツールを実現する、完全プログラマブル ソリューション

はじめに



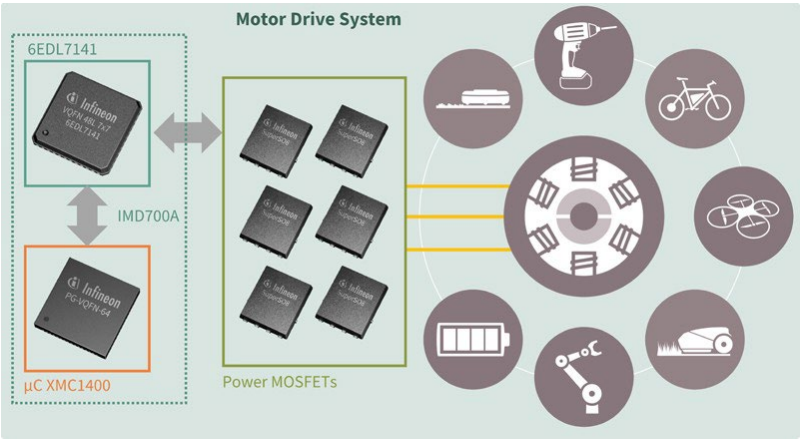
画像をクリックすると拡大します

IoT、AI、5Gの時代が到来した現在、次世代の電動工具には、インテリジェント化、軽量化、小型化されたモータードライブが不可欠となっています。Grandview Research社の予測[1]によると、電動工具の世界市場は2027年に409億米ドルに達すると予測されています。

ブラシレス DC (BLDC) モーターは、ドリルやドライバー、のこぎりなどの電動工具から、ブロワーや芝刈り機などの園芸用品まで幅広く使用されているモーターです。
こうした工具にはさまざまな電気モーターが使用されており、ブラシ付きモーターから、より信頼性の高いブラシレス設計のモーターへの置き換えが徐々に進んでいます。
また、バッテリーの電圧や定格電力が異なるため、さまざまなサイズ、形状、仕様のBLDCモーターが使用されています。
低電圧モーター制御ソリューションのインフィニオン MOTIX™ ファミリー には、最近 MOTIX™ 6EDL7141 および MOTIX™ IMD700A [1] 3相スマート モーター ドライバーが加わりました。これらは12～48 V範囲のバッテリー電圧で動作するDIY BLDCモーター駆動向けに開発されたものです。

"Power Systems Design Edition 21/02/2022", Copyright of © Power Systems Corporation

この記事では、統合制御ソリューションが、ドリル、ドライバー、のこぎり、除草機、ヘッジトリマー、ブロワー、ロボットなど、さまざまな用途で主な課題を克服し、最先端のツールを提供するモータードライブシステムの設計をサポートする方法について説明しています。さらに、ロータ位置センサー、つまりインフィニオンのXENSIV™角度センサー (TLI5012B) およびホールラッチ (TLx4961/68) の重要性も強調しておかなければなりません。これらは、BLDC駆動システムの効率を大きく向上させ、トルクリップルを低減するだけでなく、モーターの回転を滑らかにし、バッテリーのランタイムを延長することで全体の効率に貢献します。



画像をクリックすると拡大します

図 1. MOTIX™ 6EDL7141 と MOTIX™ IMD700A のアプリケーション例

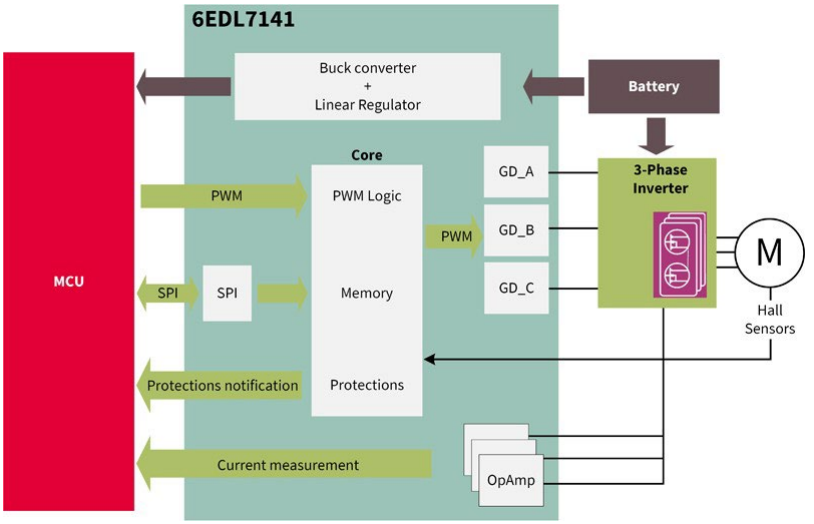
電池駆動製品の高性能システム開発の簡素化、再構成を可能にするIC

MOTIX™ 6EDL7141は7x7 mm 48ピンVQFNパッケージ、また、MOTIX™ IMD700Aは9x9 mm 64ピンVQFNパッケージで、いずれも底面露出型のサーマルパッドを採用しています。これらのパッケージには、最大100%のデューティサイクルで動作する設定可能なゲートドライバー、降圧レギュレーター、リニアレギュレーター、電流検出アンプ、保護回路など、システムの主要機能が多数統合されています。

MOTIX™ IMD700Aは、MOTIX™ 6EDL7141の全機能に、モーター制御アプリケーションの要件を満たす周辺回路と仕様を備えたマイクロコントローラーを追加したものです。高集積化により、部品点数や回路基板面積を大幅に削減し、配線を簡素化することができるため、工具やロボットに見られる小さくて不格好なキャビティにモーター ドライブを搭載するという課題を解決できます。同時に、部品点数と基板サイズの削減は、部品表 (BOM) と組立コストを削減でき、さらに、最終的に廃棄される材料が少ないため、環境面でもメリットがあります。

MOTIX™ 6EDL7141とIMD700Aは、50以上のデバイスパラメーターを設定できるGUIツールを搭載しており、USBポートを介したSPIインターフェースでPCと接続し、高いコンフィギュレーション能力を発揮します。設定パラメーターは、一時的または恒久的にこれらのデバイスに保存することができます。

"Power Systems Design Edition 21/02/2022", Copyright of © Power Systems Corporation



画像をクリックすると拡大します

図 2.インフィニオンのMOTIX™スマート・ドライバの高い統合性と機能性

MOTIX™ 6EDL7141は、インフィニオンのXMC1400シリーズなどの外部マイクロコントローラーと連携して動作するように設計されています。XMC1400シリーズは、32ビットArm® Cortex®-M0 コアと演算コプロセッサーを使用して、モーター制御、電力変換、LED照明アプリケーション、ヒューマンマシンインターフェース (HMI) などの低コストな組み込み制御アプリケーション向けに最適化されたものです。前述のとおり、XMC1400コントローラーは、MOTIX™ IMD700Aに組み込まれ、6EDL7141と組み合わせて1つのパッケージに収められています。

MOTIX™ 6EDL7141は、複数のPWMモードで動作可能な三相デジタル コンフィギュラブル ハーフブリッジ ゲートドライバーで構成されており、設計者はマイクロコントローラーからすべてのゲート駆動信号を供給するか、内部ロジックでデコード可能なシンプルなPWM信号を供給することが可能です。

これらの利点を組み合わせることで、設計プロセスが大幅に簡素化され、製品開発から市場投入までの時間が短縮されます。

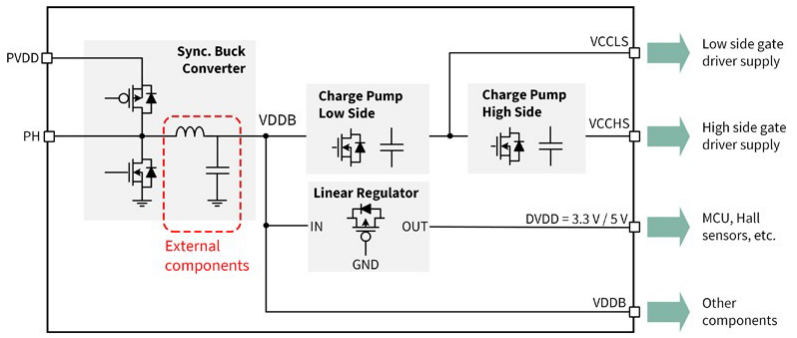
プログラマブルゲートドライバと電波障害 (EMI) を最小化するためのパラメーター化

ゲート駆動出力は、MOSFETのゲート端子に直接接続することができるため、抵抗やダイオードによるゲート駆動回路が不要となります。MOSFETの特性に合わせた最適なスイッチングを行うため、駆動シンク電流と駆動ソース電流を設定し、性能のチューニングを行うことが可能です。また、部品を変更することなく、EMIの最適化も可能です。

DC-DC同期降圧型コンバーターは、過負荷保護機能付きで最大300mAまで供給でき、外付けのインダクターとコンデンサーはわずかなもので済みます。降圧出力から供給される低ドロップアウトのリニア電圧レギュレーターは、3.3 Vまたは5 Vから選択できるクリーンなデジタルバス電圧を供給し、マイクロコントローラーに供給します。また、リニアレギュレーターは過電流保護機能と過電流プリワーニング機能を内蔵しており、オープンドレインデジタル出力端子からマイコンに伝達することが可能です。

MOTIX™ 6EDL7141の三相ゲートドライバー部には、図3のブロック図に示すように、ローサイドとハイサイドのチャージポンプから電源が供給されます。各チャージポンプは、外付けのスイッチトキャパシターを用いて、降圧コンバーター出力からゲートドライババー バイアス電源に電荷を転送します。V_{CC_LS}とV_{CC_HS}です。V_{CC_LS}はシステムのゼロ電圧レールを基準としており、V_{CC_HS}はシステムのプラス電源レールを基準としています。テストでは、降圧レギュレーターはモーター ドライブにおける重要なEMI源であることが示されています。そのため、チャージポンプのクロック周波数は166～1800kHzの間で設定可能で、EMIを低減するための周波数変調も追加されています。

"Power Systems Design Edition 21/02/2022", Copyright of © Power Systems Corporation

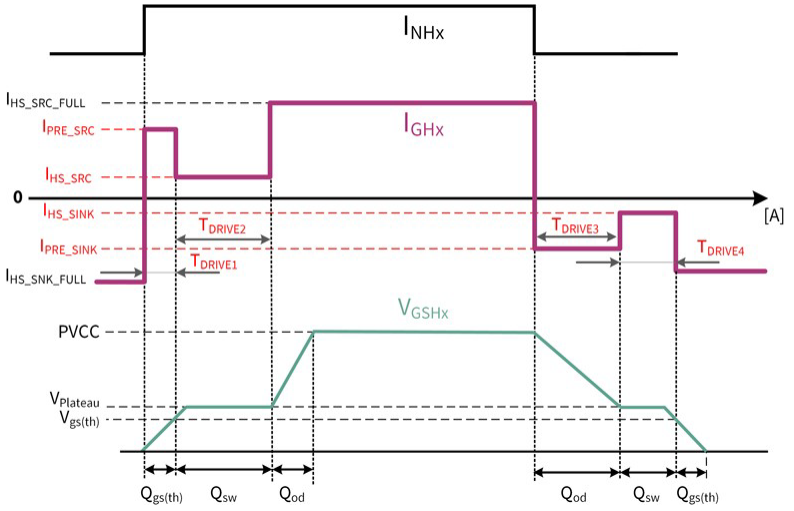


画像をクリックすると拡大します

図 3. MOTIX™ 6EDL7141集積電源のブロック図

ハイサイドブートストラップ回路 (ハーフブリッジドライバで一般的) の代替としてチャージポンプを使用することで、最大限のモーター駆動出力を得るために必要な100%までのフルゲート駆動デューティサイクルを実現しました。同期バックは、ユーザーが設定できる7、10、12、15Vのゲート駆動電圧に応じて、6.5、7、8 Vの出力を提供することが可能で、チャージポンプ構造により、バッテリー電圧が低レベルに低下しても、これらの電圧レベルを維持することができます。

ハイサイドのグランドが固定されているため、高精度な電流検出が可能で、ゲートドライブのシンク電流とソース電流を小さなステップで制御し、正確なdi/dtの調整が可能です。これらの調整はハーフブリッジの電圧スルーレートに影響し、高周波スイッチングで発生するEMIに大きな影響を与えます。上昇スルーレートと下降スルーレートは、スイッチオンとスイッチオフのプロセス中に定義された時間セグメントでゲートドライブのシンク電流とソース電流を調整することによって別々に制御されます。立ち下がり時間は、スイッチング損失、デッドタイムの最適化、ドレイン電圧のリンギングなど、MOSFETのアバランチングや過剰なEMI放射の原因となりうる重要な要素に影響を与えるため、ドライブシステムの最適化にとって最も重要なパラメーターの1つです。



画像をクリックすると拡大します

図 4.設定可能なゲート駆動出力により、ゲート駆動を最適化

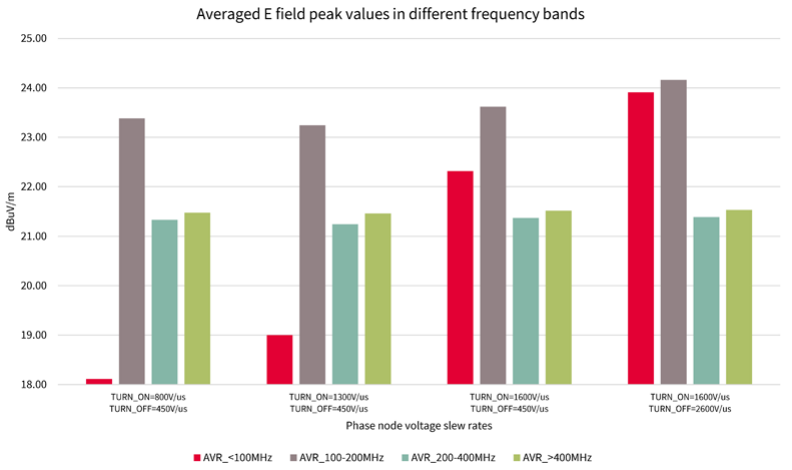
ゲートドライブのデジタル構成によるEMI管理は、MOTIX™ 6EDL7141とIMD700Aの大きな特長で、基板上の部品を変更することなくEMI試験設備での最適化を可能にします。

一般的なシステムでは、いくつかの主要部品がスイッチング時にEMIを発生させます。

"Power Systems Design Edition 21/02/2022", Copyright of © Power Systems Corporation

1. 位相切替ノードでのPWM dV/dt

PWM スイッチング波形は，主に奇数調波を多く含んでいます。高調波の含有量は、スイッチング遷移速度dV/dtに依存します。これらの高調波成分の大部分は、周波数スペクトルの 5MHz 領域に該当する 15 番目の高調波にまで達することがあります。最も問題となる高調波は、500kHz～1.7MHzの範囲にある第2～5高調波です。図5に示すEMI試験結果から、dV/dtの値の違いにより、異なる周波数帯域でエミッションが発生することがわかる。低dV/dt化はEMIエミッション低減に寄与しますが、EMI対応とMOSFET動作温度に影響するスイッチング損失のトレードオフを見出す必要があります。



画像をクリックすると拡大します

図 5. 異なるdV/dtでのEMI比較テスト

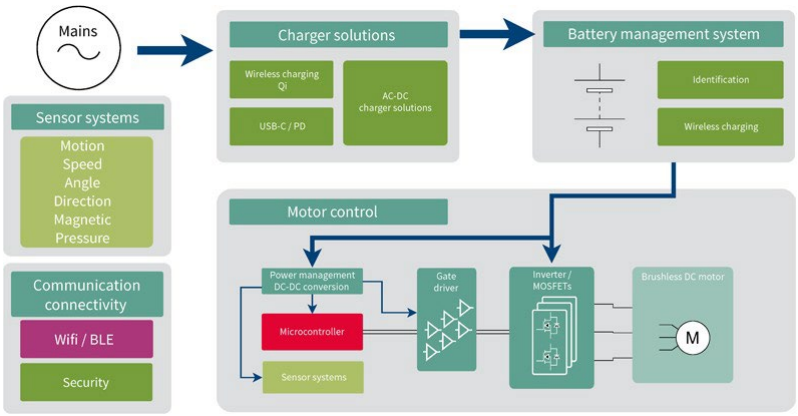
2. 高ピーク電流の後、LC共振による発振リンギングが発生する狭帯域

浮遊インダクタンスや容量による発振リンギングは、100MHz帯のコモンモード伝導性EMIの原因となります。コモンモードフィルタでノイズ源を遮断し、良好な接地システムが必要です。MOTIX™」ファミリーのスマート モーター ドライバーの高集積化により、基板のグランドレイアウトが容易かつタイトになります。

3. MOSFETのボディダイオードリカバリー

ハードスイッチング動作におけるMOSFETのボディダイオードQ_{rr}もEMIの主な発生源です。このノイズは一般に50～150MHzの範囲で現れ、電流ループのきつさに依存します。この電流ループは、ハイサイドとローサイドのFETと、ハイサイドのドレインとローサイドのソース間のバスコンデンサを中心に形成されています。Q_{rr}はLC共振回路を鳴らすトリガーとなるエネルギー源である。L成分はMOSFETパッケージの浮遊インダクタンスとPCBトレースに由来し、C成分は主にMOSFETのC_{oss}に由来する。回路機能の高密度化とスマートゲートドライバ コントローラーの設定により、MOSFETの選択の自由度を高め、PCBレイアウトを縮小することで、Q_{rr}に起因するEMIを最小にすることができます。インフィニオンは、よく説明されているMOTIX™製品ファミリーに加えて、電動工具アプリケーションに適した、または専用の幅広い製品ファミリーを提供しています。これらには、XENSIV™センサー (TLE496Xなどのホールスイッチ、TLI5012Bなどの角度センサーなど)、パワーMOSFET (さまざまなパッケージに封止されたOptiMOS™, StrongIRFET™ 2、CoolMOS™など)、EiceDRIVER™ゲートドライバーIC、OPTIGA™組み込みセキュリティソリューション、32ビットPSoC™ Arm® Cortex® マイクロコントローラーやArm® Cortex®-MベースのXMC™産業用マイコンなどのマイクロコントローラー、EZ-PD™ USB-C and Power Deliveryソリューションなど、さまざまな製品を提供しています。詳細は[5]に記載されています。

"Power Systems Design Edition 21/02/2022", Copyright of © Power Systems Corporation



画像をクリックすると拡大します

図 6コードレス電動工具 アプリケーションブロック図の例

概要

MOTIX™シリーズ スマート三相ゲートドライバー6EDL7141、IMD700Aは、モーター ドライブ専用機能により、高集積化と柔軟なパラメーター設定を実現し、基板レイアウトの大幅な簡素化とEMIエミッションの低減を実現しました。

また、コンピュータベースの使いやすいデバイス コンフィギュレーションGUIツールにより、インバータの性能とEMIコンプライアンスを最適化する作業は、システム設計エンジニアにとって時間がかからず、より便利なものとなっています。

インフィニオンのモーター コントローラーICの幅広いソリューション ポートフォリオ、専用製品データシート、アプリケーション ノート、およびトレーニング ビデオをご覧になるには、当社の電池駆動BLDCモーター コントローラーICおよびモーター制御IC関連ウェブページをご覧ください。

インフィニオン テクノロジーズ

参考資料:

[1] Market Research Reports & Consulting, Grand View Research, Inc., “Power tools market size worth $40.9 billion by 2027”. June 2020, Grandview Research [Online]. Available: https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-power-tools-market

[2] Infineon Technologies, “Datasheet 6EDL7141,” Revision 1.04, October 2021 [Online]. Available: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-6EDL7141-DataSheet-v01_04-EN.pdf?fileId=5546d46279cccfdb0179f4c1d3bf0756

[3] Green, P., Voskanyan, S., “EVAL_6EDL7141_TRAP_1SH 18 V brushless DC motor drive board,” Application Note AN_2104_PL88_2104_024859, version 1.1, November 2021, Infineon Technologies [Online]. Available: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon- Evaluation_board_EVAL_6EDL7141_TRAP_1SH-ApplicationNotes-v01_01-EN.pdf? fileId=5546d46279cccfdb017a0ae054e624bd&da=t

[4] Green, P., “Smart Gate Driver IC Simplifies Motor Drive Design In Battery-Powered Applications,” How2Power.com [Online]. Available: http://www.how2power.com/newsletters/2109/articles/H2PToday2109_design_Infineon.pdf

[5] Infineon Technologies, “Cordless power tools. Innovative, Reliable, Handy,” Application Brief, May 2021 [Online]. Available: link

---

[1] Coming soon! To be released in Q3, CY 2022

"Power Systems Design Edition 21/02/2022", Copyright of © Power Systems Corporation