

Application Note

HVAC システム向けゲートドライバの選択



Rubas Khalid, Grant Wilson

概要

暖房、換気、空調 (HVAC) システムは、スイッチング デバイスを必要とする複数のサブシステムで構成されています。スイッチング デバイスを駆動するゲートドライバ IC を選択する際には、サブシステムごとに異なる課題が生じます。このアプリケーション ノートでは、HVAC システムの力率補正 (PFC) 段、モーター ドライブ段、DC/DC スイッチング コンバータ段について解説し、各段のスイッチング要件をまとめ、これらの段に使用されるスイッチング デバイスを駆動するために使用できる非絶縁型ゲートドライバの例を示します。

目次

1 はじめに	2
2 PFC 段	3
2.1 昇圧 PFC	3
2.2 インターリープ昇圧 PFC	4
3 モーター ドライブ段	5
3.1 スタンドアロン ゲートドライバと IPM の比較	5
3.2 3 相モーターの駆動	6
3.3 商業用 HVAC 向け高電力レベル	7
4 DC/DC 段	8
4.1 同期整流降圧コンバータ	8
4.2 フライバック コンバータ	9
5 まとめ	9
6 参考資料	9
7 改訂履歴	10

商標

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

HVAC システムは、産業用、商業用、住宅用の建物内で快適な環境を維持するために使用されます。HVAC システムは一般に、環境内の空気を制御するために使用され、換気システム、暖房システム、空冷システムで構成されています。

その他の HVAC アプリケーションについて、テキサス インストルメンツは [HVAC システムのアプリケーション ページ](#)でさまざまなアプリケーションを紹介しています。

最新の各種 HVAC システムは、力率補正 (PFC) 回路、DC/DC コンバータ、モータードライブなど、さまざまなサブシステムでゲートドライバを使用しています。このアプリケーション ノートでは、産業用、商業用、住宅用の HVAC システムにおけるゲートドライバの使用について説明し、ゲートドライバの選定ガイドラインおよび各サブシステムで考慮すべき主な特長を紹介します。図 1-1 は、屋外エアコンのブロック図を表し、ゲートドライバを使用する代表的なサブシステムを示しています。

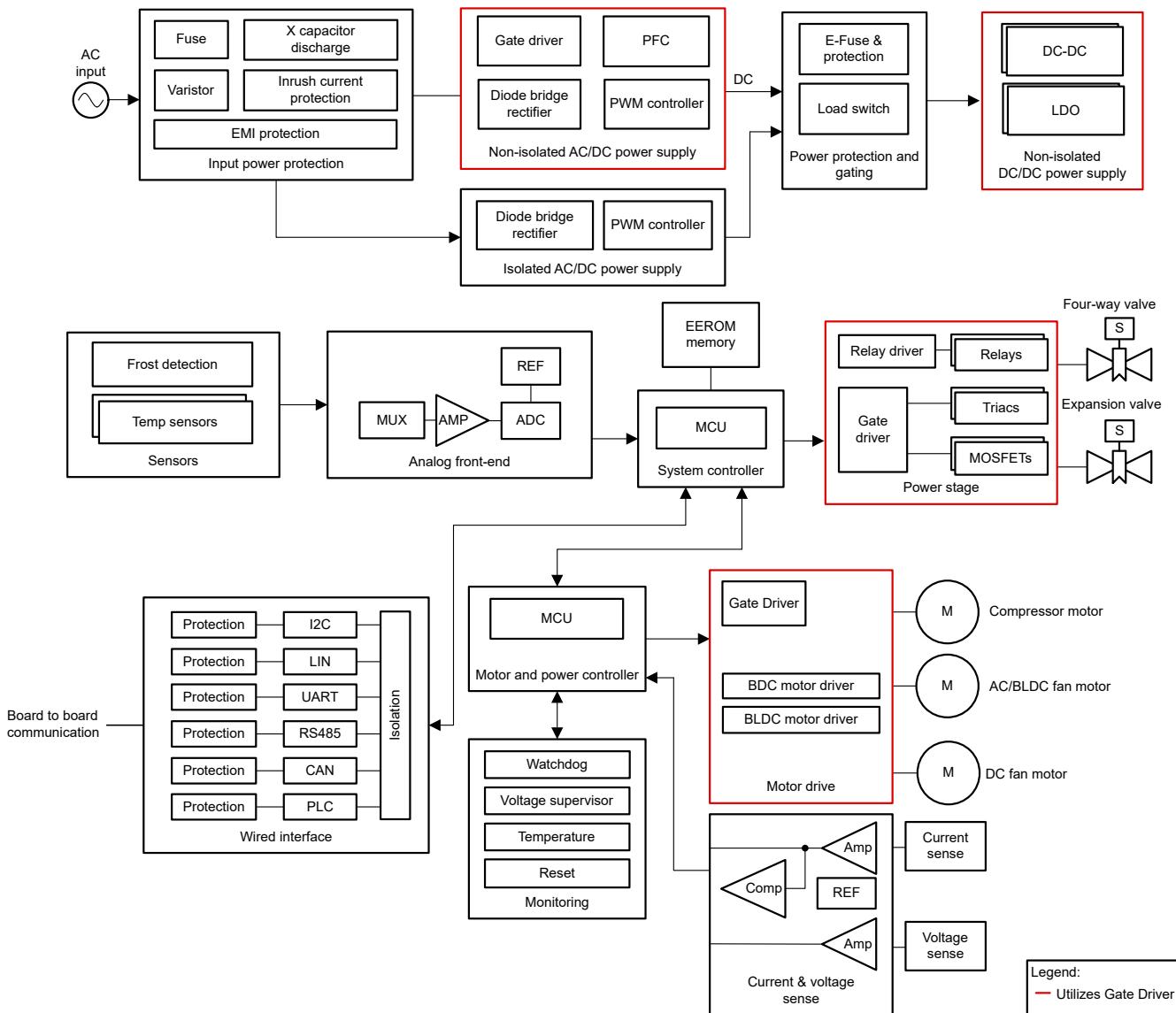


図 1-1. 屋外エアコンのブロック図

2 PFC 段

AC 電源を使用する HVAC (システムでは)、高い力率が重要な要件となります。力率は、皮相電力に対する有効電力の比であり、皮相電力は有効電力と無効電力の合成です。負荷は有効電力のみを消費するため、無効電力による損失をできるだけ小さくすることが重要です。損失が小さいほど、HVAC システムの効率が向上します。PFC は力率を最大化するために使用されます。

2.1 昇圧 PFC

PFC は HVAC システムの主要な電力段の 1 つであり、HVAC システムで最も一般的に使用される PFC トポロジは昇圧 PFC です。昇圧 PFC トポロジは、まず AC ライン電圧を整流するためにフルブリッジ整流器を用い、その後に昇圧コンバータを使用して整流後の電圧を目的の DC バス電圧まで昇圧します。このトポロジは、グランドを基準とした単一の FET で構成され、ローサイド ゲートドライバを必要とします。図 2-1 に、昇圧 PFC の例を示します。

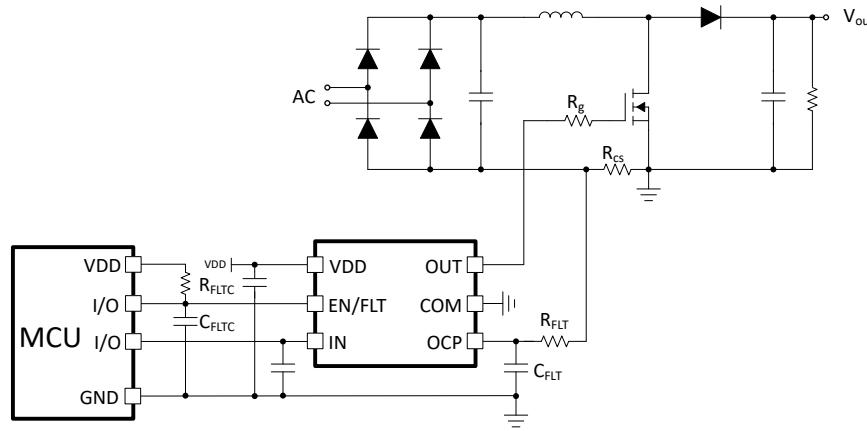


図 2-1. UCC5714x による昇圧 PFC

HVAC の PFC 回路で FET を駆動するためのゲートドライバを選択する際には、慎重な検討が必要です。HVAC システム内の寄生インダクタンスや電磁干渉により、ゲートドライバに影響を与えるおそれのある損傷性または破壊性のある負電圧が発生する可能性があります。この問題を回避するには、負電圧対応機能を備えたゲートドライバを選択し、システムの堅牢性を向上させることが重要です。高効率な HVAC の PFC 回路を設計する際に考慮すべきもう 1 つの要件は、ピーク駆動電流です。大きなピーク駆動電流は、FET の高速な立ち上がり時間および立ち下がり時間の実現に寄与します。その結果、電圧と電流の重なりが減少することにより、スイッチング損失が低減し、HVAC システムの効率向上に貢献します。もう 1 つの検討事項は、ゲートドライバの IC のサイズです。小型のパッケージにより、ゲートドライバ IC をパワー FET の近くに配置できるため、PCB 配線による寄生インダクタンスが低減します。

UCC5714x は、HVAC システムの昇圧 PFC で FET を駆動するために使用できます。UCC5714x は、出力のピーク電流がソース側 3A、シンク側 3A で、VDD は最大 30V まで対応します。また、このドライバは、立ち上がり時間 8ns、立ち下がり時間 14ns、伝搬遅延 26ns を備えており、HVAC システムにおける高速かつ効率的なスイッチングを実現します。UCC5714x は、負電圧処理機能、低電圧ロックアウト (UVLO)、内蔵の過電流保護 (OCP) を備えており、堅牢性の向上に寄与します。OCP がエンド システムにもたらす利点の詳細については、[アプリケーション ノート](#)を参照してください。表 2-1 では、UCC5714x と主要な競合製品の比較を示しています。

表 2-1. UCC5714x と主要な競合製品の比較

設計上の考慮事項	UCC5714x	競合製品 1	競合製品 2
電源電圧 (V_{DD}) の絶対最大値	30V	25V	25V
負電圧処理	-5V	-5V	-5V
UVLO	8V/12V	12V	8V
ソース / シンク電流 (標準値)	3A / 3A	2.6A / 2.4A	2.6A / 2.6A
立ち上がり / 立ち下がり時間 (標準値)	8ns / 14ns (1.8nF 負荷時)	5ns / 5ns (1.0nF 負荷時)	5ns / 5ns (1.0nF 負荷時)
オン / オフの伝搬遅延 (標準値)	26ns	15ns	50ns
OC ブランкиング時間 (標準値)	180ns	250ns	180ns
パッケージ	SOT-23 (6 ピン)	SOT-23 (6 ピン)	SOT-23 (6 ピン)

2.2 インターリープ昇圧 PFC

インターリープ昇圧 PFC は、HVAC システムで使用される代替の PFC トポロジです。インターリープ昇圧 PFC は、180 度の位相差で動作する 2 つの昇圧コンバータを備え、主に高電力アプリケーションで使用されます。このトポロジは、追加部品を必要としますが、効率も向上させることができます。このトポロジのゲートドライバ要件は、従来の昇圧型力率補正回路 (PFC) と類似していますが、2 番目の昇圧コンバータに追加のローサイド FET が必要になります。この目的を実現するには、一般的に、デュアル チャネルのローサイド ゲートドライバが使用されます。図 2-2 に、インターリープ昇圧 PFC の例を示します。

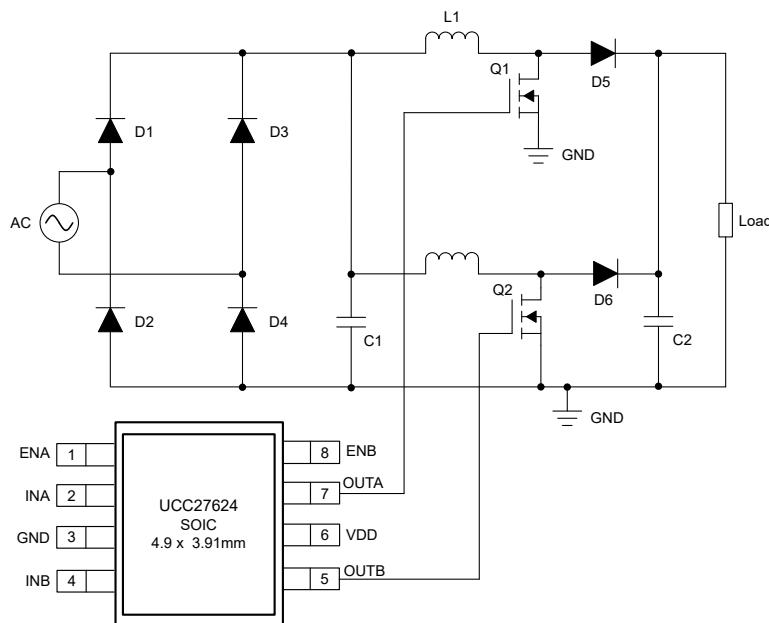


図 2-2. UCC27624 搭載インターリープ昇圧 PFC

UCC27624 は、インターリープ昇圧 PFC の FET を駆動するために使用できます。2 つのチャネルはそれぞれ高い駆動能力を持ち、ソース側 5A、シンク側 5A のピーク電流の出力が可能です。このドライバは最大 30V VDD の定格を備えており、これにより設計の柔軟性が向上しています。さらに、このドライバは、6ns の立ち上がり時間、10ns の立ち下がり時間、17ns の伝搬遅延、1ns の遅延マッチングを備えており、HVAC システムにおける高速かつ効率的なスイッチングを実現します。表 2-2 では、UCC27624 と主要な競合製品との比較を示しています。

表 2-2. UCC27624 と主要な競合製品の比較

設計上の考慮事項	UCC27624	競合製品 1	競合製品 2
電源電圧 (V_{DD}) 絶対最大値	30V	24V	25V
負電圧処理	-10V	-6V	-6V
UVLO	4V	4V	4V
ソース/シンク電流 標準値	5A / 5A	5A / 5A	4.5A / 5.5A
立ち上がり / 立ち下がり時間 標準値	6ns / 10ns	8ns / 8ns	7ns / 6ns
オン / オフの伝搬遅延 標準値	17ns / 17ns	20ns / 20ns	18ns / 18ns
遅延マッチング 最大	2ns	4ns	4ns
パッケージ	SOIC、8 ピン	SOIC、8 ピン	SOIC、8 ピン

3 モーター ドライブ段

HVAC システムのモーターは、ファン、コンプレッサ、ポンプなど、さまざまな HVAC アプリケーションに電力を供給するために不可欠です。通常、このようなシステムには、ブラシ付き DC モーター、ブラシレス DC モーター、ステッピング モーターなど、さまざまなタイプのモーターが含まれます。モーター ドライブは、スタンドアロンのゲートドライバ IC から、統合型のインテリジェント パワー モジュール (IPM) に至るまで、さまざまな統合レベルで実装されます。

3.1 スタンドアロン ゲートドライバと IPM の比較

モーター ドライブ IPM には、3 つのドライバと 3 つの FET を含む各種コンポーネントが 1 つのパッケージに統合されており、故障検出、過熱防止、電流検出などの特長を備えています。これらのデバイスには多くの利点がありますが、欠点もあります。多数のコンポーネントを 1 つのパッケージに統合しているため、高電力動作時には放熱性能が低下する場合があります。外付け FET と組み合わせたスタンドアロン ゲートドライバ IC は、熱をより効率的に拡散し、高電力の HVAC アプリケーションに適しています。同じスタンドアロン ゲートドライバ IC に低 RDS(on) の外付け FET を使用することで、より高い最大電圧および電流仕様を実現できます。一方、IPM は一般に、その指定された定格によって制限されます。

前述のように、ディスクリート設計を行う利点の 1 つは、FET と各々に対応するスタンドアロン ゲートドライバ IC を、基板レイアウトと熱要件に合わせて最適に配置できることです。適切なレイアウトを行い、スタンドアロン ゲートドライバ IC を外部 FET のできるだけ近くに配置すると、トレース長が短くなり、スイッチング損失と EMI を低減できます。これにより、設計者に柔軟性が提供され、基板全体の性能の最適化が可能になります。さらに、スタンドアロン ゲートドライバ IC はマルチソース化が進んでおり、多くのデバイスにはピン配置および主要仕様が一致する競合製品が存在します。これにより、設計者は、使用中のベンダーに供給の問題が発生した際に、必要に応じて他のソリューションに切り替えることが可能です。対照的に、IPM は独自設計の傾向があり、市場には直接代替できる製品が存在しません。

3.2.3 相モーターの駆動

HVAC システム内のモーターは、ファン、コンプレッサ、バルブへの電力供給に使用されます。モーター アプリケーションによっては、ゲートドライバを選択する際に、電圧とピーク電流などの主な仕様、およびドライバの堅牢性を考慮することが重要になります。ピーク電流が低いゲートドライバは低消費電力アプリケーションに最適であり、ピーク電流が高いゲートドライバは高電力アプリケーションに最適です。インターロックは、入力の寄生リギングによって発生する可能性のあるハーフブリッジドライバのクロス導通または貫通電流から保護できます。負電圧処理対応のゲートドライバでは、寄生インダクタンスから生じる過渡によって負電圧が発生する可能性がある場合に対して、ドライバの堅牢性が向上します。図 3-1 に、代表的な 3 相インバータ モーター ドライブのトポロジを示します。

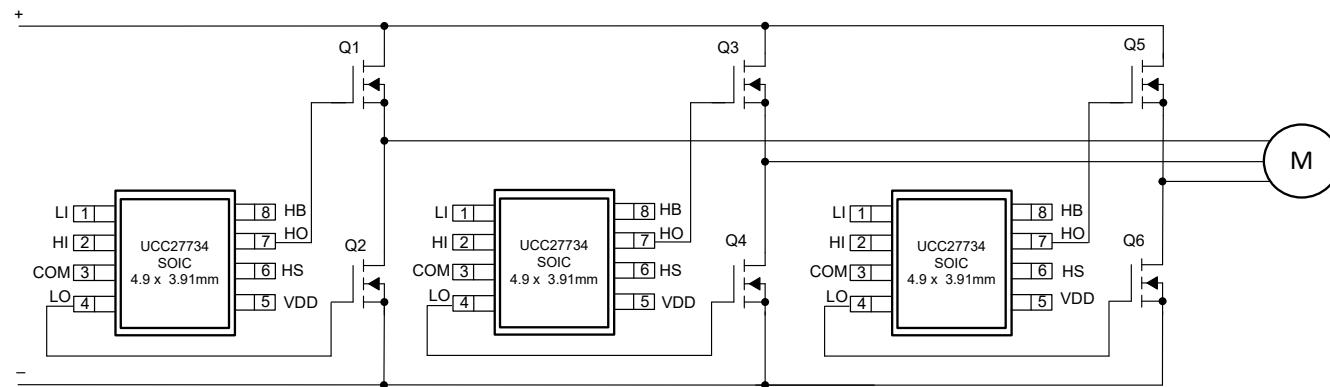


図 3-1. UCC27734 を使用した 3 相インバータ モーター ドライブ

ハーフブリッジ モーター ドライブの場合、UCC27710 または UCC27734 を使用して、約 5kW 未満の低消費電力アプリケーションを駆動できます。UCC27710 と UCC27734 は、700V ハーフブリッジドライバ ファミリの製品であり、ハイサイドとローサイド両方の出力が同時にオンになるのを防ぐインターロック機能を備え、入力ピンの負電圧対応により堅牢性が向上しています。UCC27735 は、UCC27710 および UCC27734 と比較すると、より大きい沿面距離要件に対応するため、より大型の 14 ピンのパッケージで供給されます。

3.3 商業用 HVAC 向け高電力レベル

産業用 HVAC システムは住宅用 HVAC システムと非常に似ていますが、主な違いはシステムのサイズと電力レベルです。商業用ビルでは多くの場合、3 相電源が利用可能です。すなわち、AC の電圧がより高くなります。そのため、PFC の DC 出力電圧もより高く、通常は 800V です。800V バス電圧システムのハイサイドの駆動には絶縁型ゲートドライバがよく使用されますが、非絶縁型ゲートドライバをローサイドに実装してコストを低減することができます。さらに、デジタル アイソレータと組み合わせることで、ハイサイドの駆動にも非絶縁型ゲートドライバを使用できます。図 3-2 に、ローサイドとハイサイドの両方に UCC57108C を実装した場合を示します。

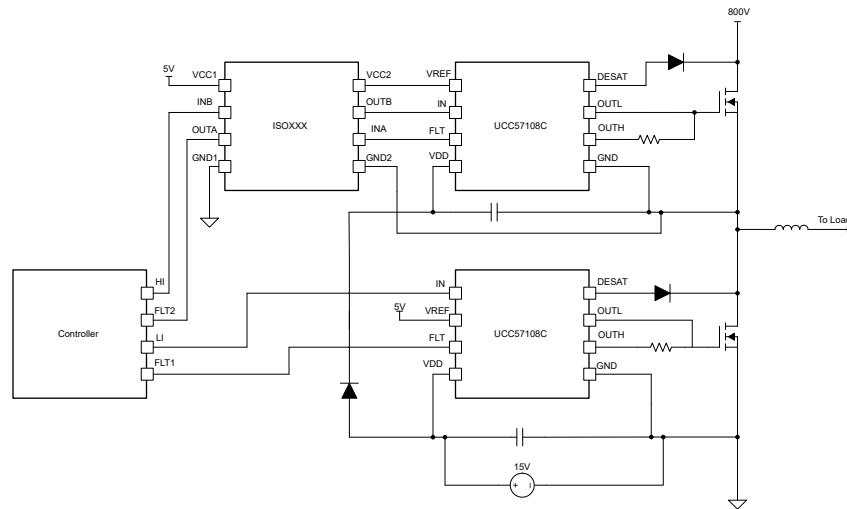


図 3-2. ローサイド ドライバとデジタル アイソレータでハーフブリッジを作成

高電力システムでは、多くの場合、IGBT およびシリコン カーバイド (SiC) FET を使用します。これらより高電力のスイッチング デバイスを保護するために、UCC57108 (8V UVLO) と UCC57102 (12V UVLO) を提供しています。これらは脱飽和 (DESAT) 保護機能付きローサイド ゲートドライバです。DESAT 保護機能は、内部回路を使用して短絡イベントを検出し、ゲートドライバの出力をシャットダウンして、スイッチング デバイスを保護します。DESAT 保護の詳細については、[『Silicon Carbide MOSFETs の短絡保護について理解する』](#)を参照してください。

4 DC/DC 段

HVAC システムの DC/DC スイッチングコンバータは、さまざまなアプリケーションに合わせて電圧レベルを効率的にシフトするために使用されます。モータードライブと同様、DC/DC コンバータを設計する際には、スタンドアロンのゲートドライバ IC からフル統合まで、さまざまな統合レベルを考慮する必要があります。パワー デバイスを駆動するためにゲートドライバ IC を選択する際に考慮する利点は、モータードライブを駆動するゲートドライバ IC を選択する際と同じです。要約すると、ゲートドライバ IC は、適切な PCB レイアウトによって、放熱性能の向上、高出力化の可能性、EMI の低減を提供できます。

HVAC システムの DC/DC コンバータにおいて、スイッチング効率は重要な要件です。モータードライバに比較すると、DC/DC コンバータは著しく高いスイッチング周波数で動作します。スイッチング周波数を高くすると、出力リップルが減少し、トランスとインダクタのサイズは小さくなります。多くの場合、スイッチング損失は増加します。DC/DC コンバータを駆動するゲートドライバを選択する場合、立ち上がり時間と立ち下がり時間の短縮が可能で、スイッチング損失を低減してシステム効率を向上させる、高ピーク電流に対応したデバイスが求められる傾向があります。

4.1 同期整流降圧コンバータ

同期整流降圧コンバータは、HVAC システムで使用される一般的な DC/DC コンバータであり、サーモスタット、コントローラ、センサなどの HVAC 最終製品でも使用されます。同期整流降圧コンバータは、通常の降圧トポロジでグランドを基準とするダイオードをスイッチング デバイスに置き換えることで、効率を向上させます。この DC/DC コンバータトポロジでは、ローサイドとハイサイドのスイッチング デバイスを使用するため、ハーフブリッジドライバを必要とします。図 4-1 に、同期整流降圧コンバータの例を示します。

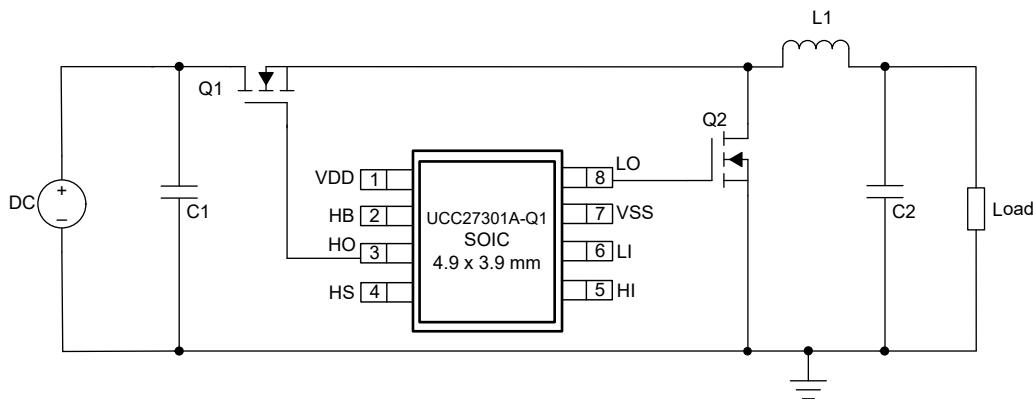


図 4-1. UCC27301A-Q1 を使用した同期整流降圧コンバータ

UCC27311A -Q1 は、同期降圧コンバータのスイッチング デバイスを駆動するために使用できます。このドライバは、ソース側ピーク電流 4.5A とシンク側ピーク電流 3.7A の高い駆動能力を備えています。この高い駆動能力により、高速な立ち上がり時間と立ち下がり時間が可能になり、スイッチング損失が低減され、スイッチング コンバータの効率が最終的に向上します。UCC27311A -Q1 は入力ピンで負電圧を処理できるため、堅牢性が向上します。UCC27301A-Q1 は UCC27311A -Q1 と類似のドライバですが、クロス導通に対する保護を強化するためのインターロックを備えています。UCC27311A -Q1 と UCC27301A-Q1 の両方にブートストラップ ダイオードが内蔵されています。

4.2 フライバック コンバータ

フライバック コンバータは、HVAC システムで使用されるもう 1 つの DC/DC トポロジです。最初にダイオードブリッジ整流で 120V または 230VAC の入力を整流し、その後その入力に対してスイッチング デバイスによるチョッパー制御を適用し、最後にトランスを通して低電圧レールに変換します。フライバック コンバータでは、1 次側 DC 電圧に対してチョッパー制御を適用するスイッチング デバイスがグランドをリファレンスとするため、ローサイド ドライバが必要になります。図 4-2 に、フライバック コンバータの例を示します。

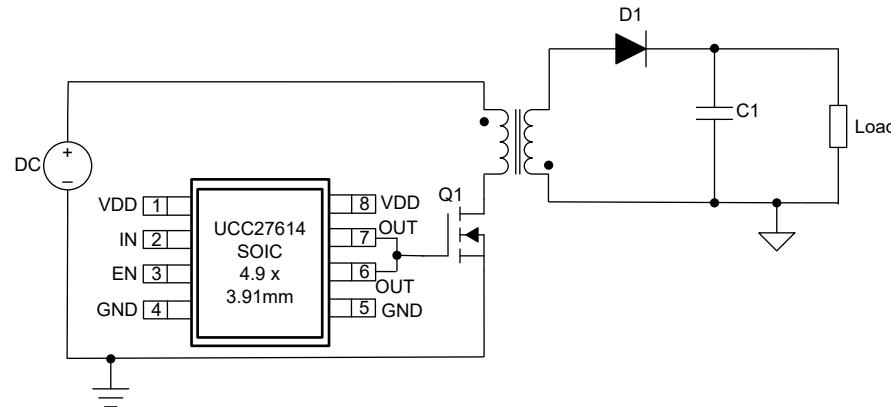


図 4-2. UCC27614 を用いたフライバック コンバータ

UCC27614 は、フライバック コンバータのスイッチング デバイスを駆動するために使用できます。UCC27614 は、30V という高い VDD 定格を備えており、システム設計の柔軟性を高めます。また、UCC27614 は、ソース側とシンク側のピーク電流が 10A という高い駆動能力を備えており、スイッチング効率を向上させます。また、ドライバには負電圧対応機能も備わっているため、堅牢性が向上します。UCC44273 は、低消費電力または小型化を必要とする設計向けに、低静止電流オプションとして使用できます。

5 まとめ

最新の HVAC システムは、ゲートドライバを必要とする、複数の電力段およびモータードライブで構成されています。テキサス インスツルメンツは、HVAC のニーズに対応する多数のゲートドライバを提供しています。ローサイド ゲートドライバの幅広い製品ラインアップは、PFC 段などの HVAC システムの重要な分野で使用できます。テキサス インスツルメンツはローサイド ドライバに加えて、ファン、コンプレッサ、ポンプなどのアプリケーション向けにモータードライバで使用される多数のハーフブリッジ ドライバも提供しています。テキサス インスツルメンツのゲートドライバのポートフォリオは、サーモスタット、コントローラ、センサなど、HVAC システムや最終製品の DC/DC コンバータにも使用できます。高性能で競争力の高いゲートドライバの製品ラインアップにより、HVAC システムの小型化、堅牢性、効率を実現できます。

6 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、「HVAC システム」、製品ページ。
- 「各種力率補正 (PFC) トポロジのゲートドライバのニーズに関するレビュー」、アプリケーション ノート。
- テキサス インスツルメンツ、「DC モータードライブ用のゲートドライバの選択方法」アプリケーション ノート。
- テキサス インスツルメンツ、「モーター設計要件に適合する適切な統合レベルの選択」、技術記事。
- テキサス インスツルメンツ、「スイッチング周波数が降圧コンバータの性能に与える影響」、アプリケーション ノート。

7 改訂履歴

Changes from Revision * (April 2024) to Revision A (November 2025)	Page
• ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新.....	2
• 保護機能付きの新しいデバイスを反映するため、図およびデバイス推奨リストを更新 (UCC44273 を削除)。.....	3
• 比較表を変更.....	3
• IPM とディスクリート ゲートドライバの説明を明確にするために、複数の新しいサブセクションを作成新しいデバイスと同様の図を追加するために、図 3-1 を更新.....	5
• セクションと図を新規に追加.....	7

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、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