

STSPIN32G4 を搭載した昇降圧コンバータ

導入

STSPIN32G4 は、トリプル ハーフブリッジ ゲート ドライバ、1 つの高性能 STM32G431 マイクロコントローラ、および柔軟な電源管理回路を統合した、三相 ブラシレス モータを駆動するための高度なコントローラです。特に、1 つの降圧コンバータを使用して、モータ電源 VM から開始してゲート ドライバ電源電圧 VCC を効率的に生成できます。

VM 電圧が低下して目標 VCC 電圧に近づくと、降圧コンバータは出力電圧を適切に調整できなくなり、その結果、入力電源レベルよりも低くなります。モーター インバーターのパワー MOSFET が最適でないゲート電圧でオンになり、チャネル抵抗と電力損失が増加する可能性があるため、これらの低電源電圧動作中にシステム パフォーマンスの低下が発生する可能性があります。

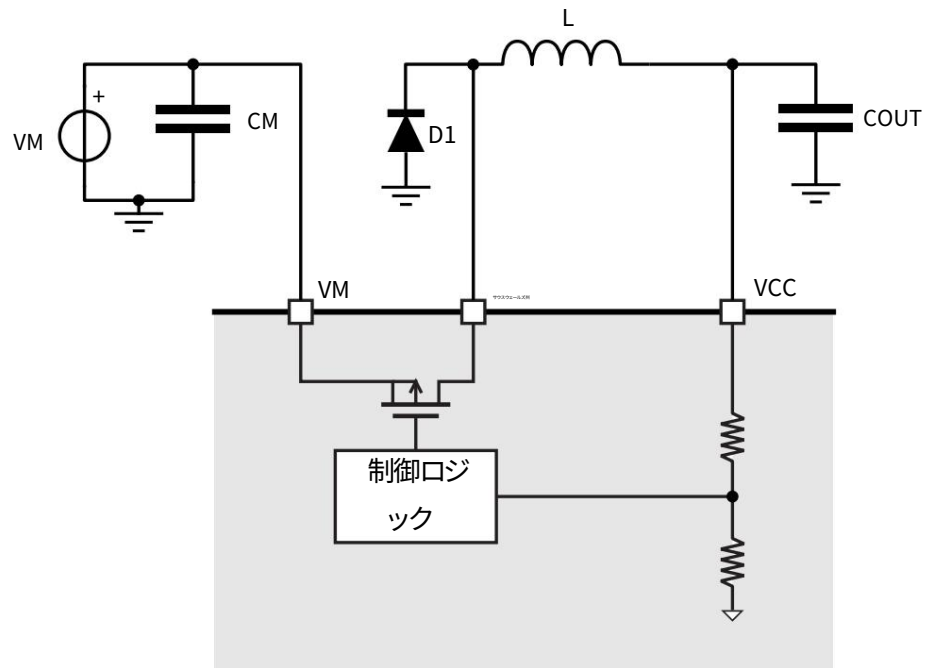
このアプリケーション ノートでは、STSPIN32G4 内に統合された降圧レギュレータを、少数の外付け部品を使用して昇降圧レギュレータに変換する方法について説明します。

提示されたソリューションは、バッテリー駆動のアプリケーションにとって最高のシステム効率を達成するために有益です。

1 降圧レギュレータの概要

STSPIN32G4 降圧レギュレータを図1に示します。このレギュレータの電流能力は 200 mA (標準値) で、8 V (デフォルト)、10 V、12 V、15 V、ソフトスタート、過電流に設定可能な VCC 出力を提供します。保護とサーマルシャットダウン。

図 1. 降圧レギュレータ



1.1 動作原理バックレギュレータの動

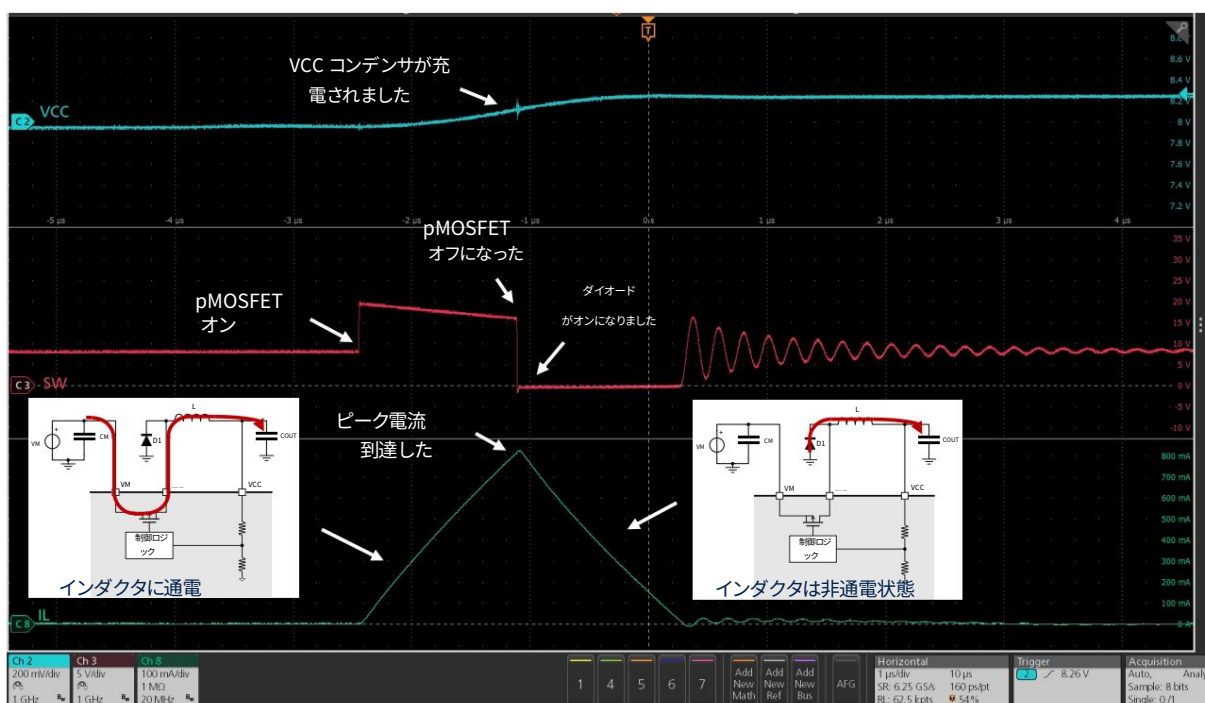
作原理は、図2を参照して以下で詳しく説明するヒステリシス制御に基づいています。

VCC 電圧が目標値より低くなると、降圧レギュレータの制御ロジックは、SW ピンを VM 電源に接続する内蔵 P チャネル MOSFET をオンにします。この段階では、インダクタ L が通電され、出力コンデンサ COUT が充電されます。SW ピンから流出する電流は制御ロジックによって検出され、MOSFET は $I_{peak,Buck}$ (標準値 750 mA) に達するとオフになります。このとき、インダクタ電流はダイオード D1 を通って再循環し、出力コンデンサの充電を続けます。動作条件と選択したコンポーネントに応じて、インダクタの非通電は、新しい通電フェーズが始まる前に完了する場合もあれば、完了しない場合もあります。

実際、コントローラは、VCC 電圧が目標値に達するまで、 $f_{SW,Buck}$ (標準値 500 kHz) の周波数で新しい SW パルスを生成します。目標に達すると、VCC 電圧が内部フィードバック コンパレータのヒステリシスを下回るまで、パルスは生成されません。MOSFET の最小オフ時間 $t_{OFF,Buck,min}$ (220 ns 代表値) は、連続する SW パルス間で保証されます。

バックレギュレータの動作原理を考慮すると、インダクタに電流を流すには入力電圧と出力電圧の間の最小降下が必要であるため、出力電圧 VCC はターゲット VCC 設定値よりも十分に大きい VM でのみ安定化できることになります。特定の電源レベル以下では、負荷条件と選択したインダクタに応じて、VCC 出力電圧は VM よりも低くなります。

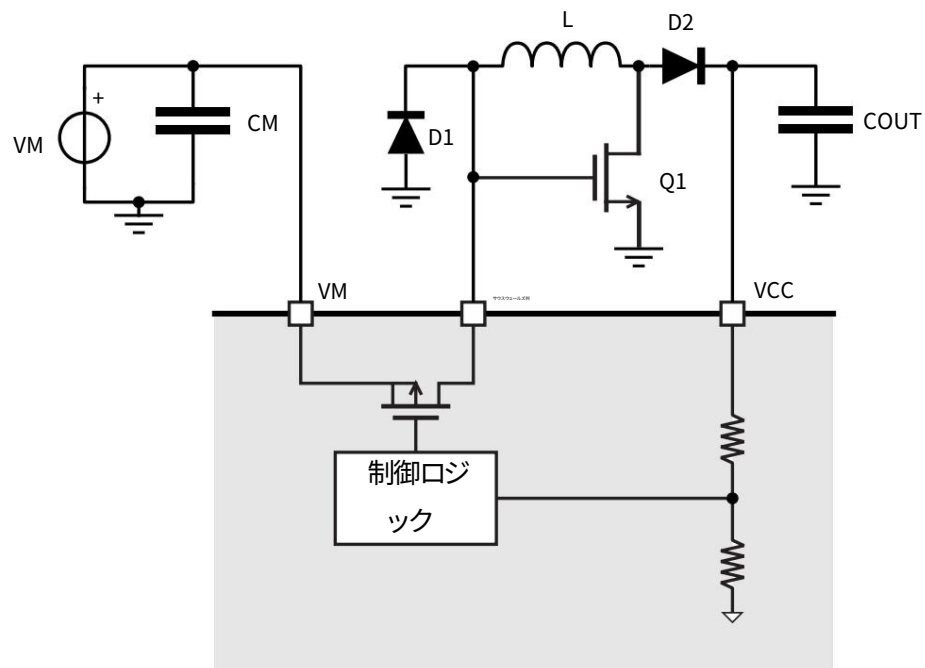
図 2.降圧コンバータのスイッチング



2 昇降圧レギュレータ

STSPIN32G4 内の降圧レギュレータの回路は、図3 に示すような昇降圧レギュレータの実装に使用できます。昇降圧レギュレータは、降圧レギュレータと比較して、必要なダイオードが 1 つだけで、n チャネル MOSFET が 1 つ多いだけです。昇降圧は、5.5 V ~ 15 V の VM 電源電圧から始まる選択された VCC 出力電圧を提供します。

図 3. 昇降圧レギュレータ



2.1 動作原理この回路は、典型的な昇降圧コンバータの変形であり、n チャネル MOSFET のターンオン/オフ信号は、専用の制御ロジック回路によって提供されるのではなく、SW ピンから得られます。

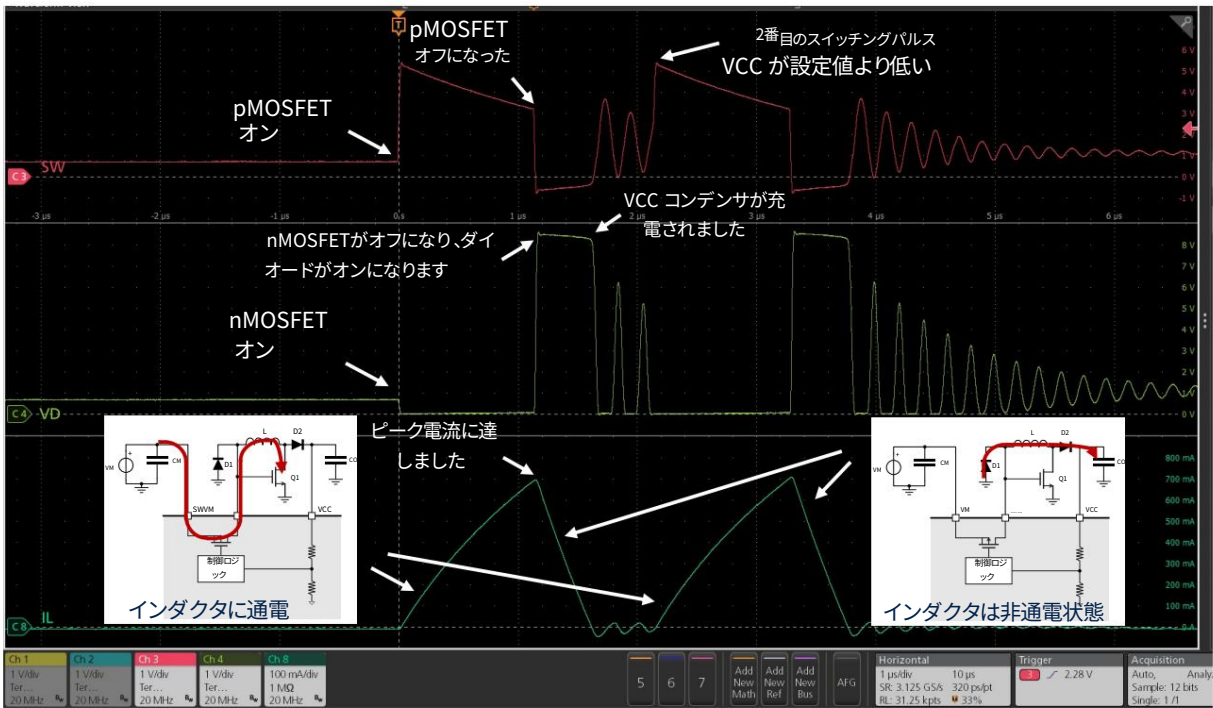
コンバータの動作を図4 に示します。VCC 電圧が設定値を下回ると、STSPIN32G4 内の p チャネル MOSFET がオンになり、SW ピンが VM 電源に引き上げられます (図4 の SW 電圧)。

その結果、ダイオード D1 と D2 がオフの間に、外部 n チャネル MOSFET Q1 がオンになり (図4 の MOSFET ドレイン電圧 VD)、インダクタが通電され始めます (図4 の IL 電流)。STSPIN32G4 内部の制御ロジックは、SW ピンを流れる電流がピークしきい値を超えるとすぐに、またはしきい値に達せずに最大オン時間が経過すると、p チャネル MOSFET をオフにします。

どちらの場合も、インダクタ電流がダイオード D1 を流れ始め、SW ノードが強制的にグランド以下になり、Q1 MOSFET がオフになります。インダクタ電流は、D1 および D2 ダイオードを介して出力コンデンサ COUT に流れ込みます。インダクタは通電されず、コンデンサ COUT は再充電され、VCC 電圧が増加します。降圧コンバータの動作 (セクション 1.1 を参照) と同等で、VCC 電圧が設定値を超えている間は、それ以上のパルスは生成されません。



図 4.昇降圧コンバータのスイッチング



2.2 コンポーネントの選択

昇降圧レギュレータの参考部品番号を表1に示します。

表 1.昇降圧レギュレータ - 参考部品番号

部品名	部品の値/説明	部品リファレンス	メーカー
L	6.8μH SMT/パワーインダクタ	74438323068	ワースエレクトロニクス。
D1,D2	ショットキーダイオード	STPS0530Z	STマイクロエレクトロニクス
Q1	nチャネルMOSFET	STT6N3LLH6	STマイクロエレクトロニクス
COUT	10 μF 低 ESR SMT セラミック コンデンサ	-	-

選択したインダクタは、少なくとも 1 A の飽和電流とそれ以上の連続電流定格を備えている必要があります。
500mA以上。

最大逆電圧が 25 V を超え、繰り返しピーク電流が 1 A を超えるショットキー ダイオード
使用すべきです。

このコンポーネントは最大動作と最小動作に影響を与える可能性があるため、n チャネル MOSFET の選択には注意してください。
レギュレータの電圧。20 V 絶対最大定格 (AMR) の MOSFET を選択することをお勧めします。
最小電源で適切なターンオンを保証するために、ゲート電圧と2.5 V未満のしきい値電圧を保証します
電圧。電圧降下を大幅に低減しないように、標準的なオン抵抗は 100 mΩ 未満にする必要があります。
通電フェーズ中にインダクタに適用されます。

コンバータの出力コンデンサには、ESR の低い一般的なセラミック コンデンサを次の値で選択できます。
10μF。



2.3 パフォーマンス

昇降圧レギュレータは、降圧レギュレータに比べて電流容量が減少します。
通電フェーズでは、インダクタ電流は出力コンデンサに供給されません。出力電流は対応します
はダイオード D2 の平均電流に依存し、主に VCC 設定点とインダクタ値に依存します。表 2 レポート
推奨コンポーネントを使用したレギュレータの最大出力電流。VCC 設定値を高くすると、
インダクタの通電を切る時間が短縮され、D2 平均電流が減少するため、電流能力が低下します。
その結果。

表 2.昇降圧レギュレータの最大出力電流

VCC	ICCMAX
8V	70mA
10V	60mA
12V	50mA
15V	40mA

コンバータの効率は、推奨コンポーネントを使用してさまざまな動作条件で測定されました。
図5は、レギュレータを使用した入力および出力電圧の全範囲における昇降圧効率を示しています。
40 mA、つまりすべての出力電圧に対して許容される最大出力電流で負荷されます。

図 5.昇降圧レギュレータの効率と VM 電源電圧の関係

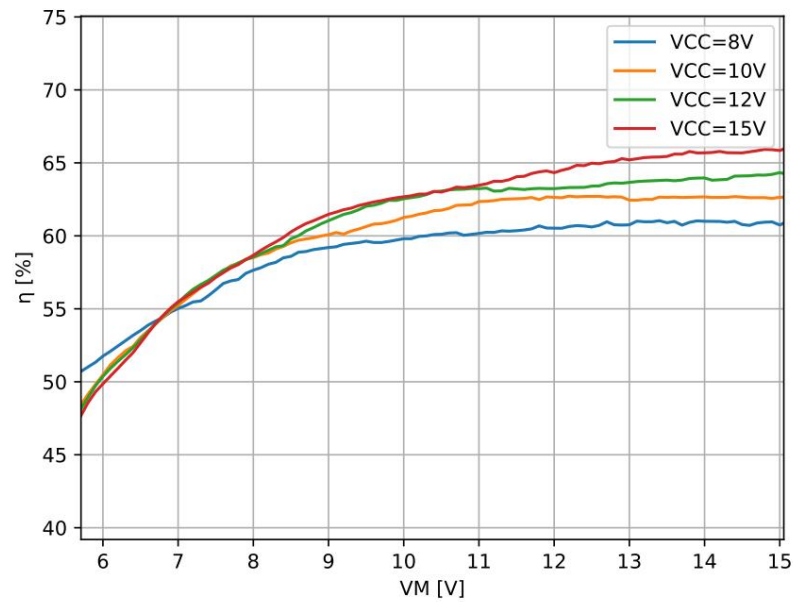
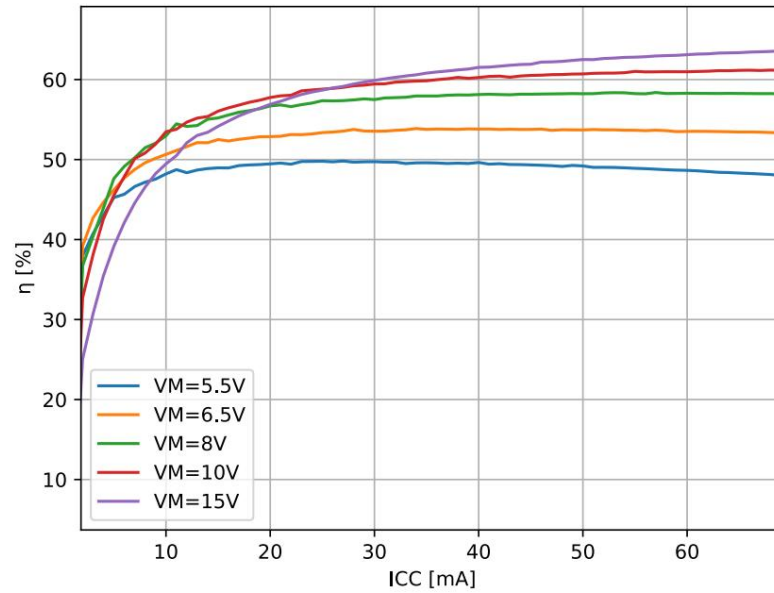


図6は、負荷電流の変化によるコンバータ効率を示しています。対策はいくつかの入力電圧で行われます
出力電圧 8 V の場合。他の出力電圧の効率も同等です。

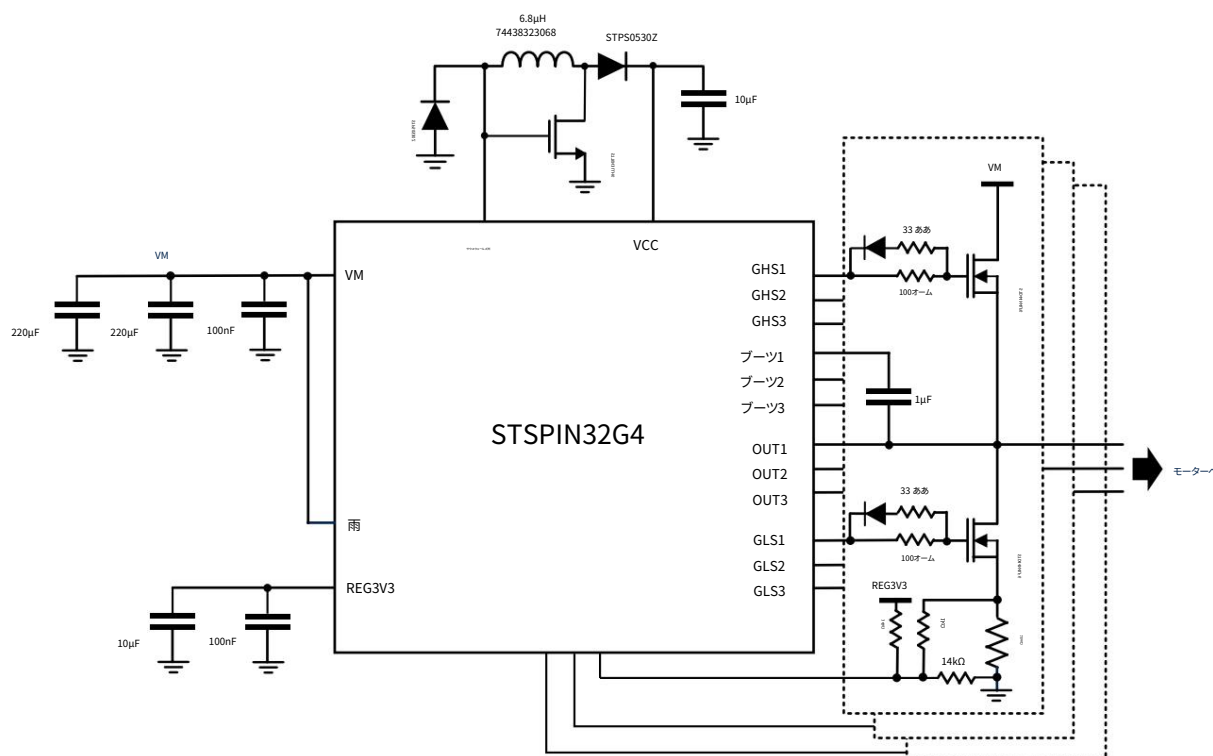
図 6.昇降圧レギュレータの効率 対 ICC 出力電流 (VCC = 8 V)



3 応用例

応用シナリオで昇降圧コンバータの性能を評価するために、図7 に示すように、三相ブラシレス モーターを駆動するためのボードが設計されました。このボードは、基本的な昇降圧電源を実装しています。STSPIN32G4を使用したインバータ。

図 7. 昇降圧ボードの簡略回路図



3.3 V リニア レギュレータの入力である REGIN ピンは、通常とは逆に主電圧 VM に接続されました。通常、レギュレータが降圧コンバータにカスケード接続される STSPIN32G4 のアプリケーション。これは推奨構成により、昇降圧レギュレータの電流能力を完全に利用できるようになります。パワーMOSFETの駆動。このトポロジを使用すると、STSPIN32G4 のスタンバイ機能が統合された低電力レギュレータを使用できますが、最大 VM 電圧が REGIN ピンの定格を超えないようにしてください。昇降圧実装に使用される n チャンネル MOSFET はどれでも構いません。

ボードのパワーステージは、

5 V という低いゲート電圧でオンにした場合、非常に優れた性能を発揮します。しかし、これらの MOSFET であっても、低駆動電圧向けに最適化されたチャネル抵抗は、ゲート電圧とともに無視できない変動を示します。

図8から明らかなように、このドリフトはインバータ効率に直接影響します。

ボードへの入力電力は、最小電源電圧 5.5 V と出力を増加させた状態で測定されました。

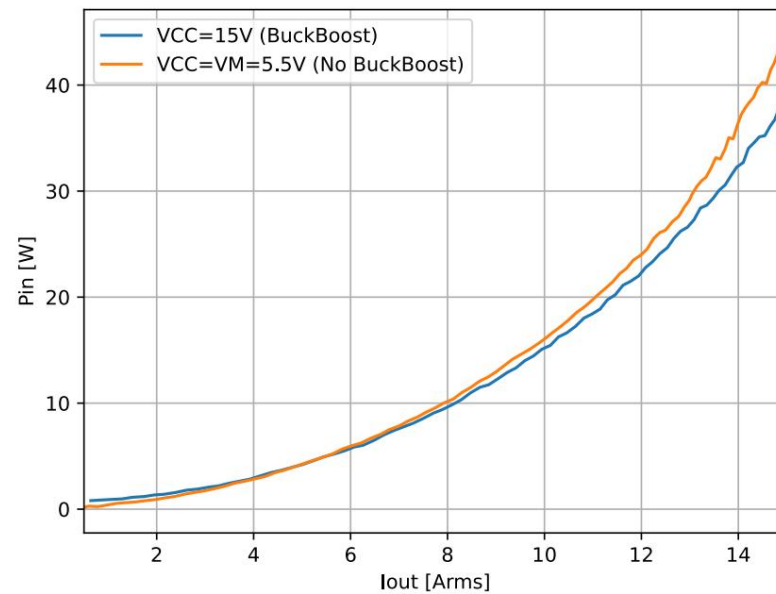
最大基板定格まで三相負荷に流れる電流。最初の条件では昇降圧コンバータは 15 V の VCC 電圧を生成できるようになりましたが、2 番目の状態ではコンバータは無効になり、VCC が VM に短絡されます。

図8の 2 つの曲線の交差に注目すると、昇降圧ソリューションは全体的な電力損失を削減します。

およそ 5 Arms を超える電流で動作した場合のインバータの影響。このボードでは特に、さらに多くの省電力が実現されています。

15 Arms の最大電流定格で 5 W 未満を達成しました。

図 8 昇降圧コンバータを使用した場合と使用しない場合のボードの入力電力と出力電流の関係



効率の向上に加えて、昇降圧コンバータの使用により次のことが可能になります。

- MOSFET ゲート ネットワークのチューニングを簡素化し、インバータの安定したスイッチング性能を実現します。バッテリー駆動システムの場合と同様に、主電源電圧の変動。
- 低電圧駆動用に特別に設計されていない MOSFET の使用を許可します。



4 結論

このアプリケーション ノートでは、STSPIN32G4 といくつかの外部コンポーネントを使用して昇降圧レギュレータを実装する方法について説明しました。この実装は、システムの主電源電圧よりも高くても低くてもよい、安定した構成可能な電圧を取得するための、安価で迅速なソリューションを表します。コンバータの電流能力は、パワー MOSFET のゲートを駆動しながら、システム内の小さな負荷に電力を供給するために使用できます。

最後に、STSPIN32G4 を昇降圧コンバータと組み合わせて使用すると、低電源電圧で高出力電流をターゲットとするアプリケーションでモータ インバータの効率を大幅に向上させることができます。



改訂履歴

表 3.文書の改訂履歴

日付	バージョン	変更点
2021 年 11 月 3 日	1	初回リリース。



コンテンツ

1 降圧レギュレータの概要2

 1.1 動作原理2

2 昇降圧レギュレータ4

 2.1 動作原理4

 2.2 コンポーネントの選択5

 2.3 パフォーマンス6

3 応用例8

4 結論10

改訂履歴11

コンテンツ12

テーブル一覧13

図表一覧.....14



テーブルのリスト

表 1.昇降圧レギュレータ - 参考部品番号.....

5表 2.昇降圧レギュレータの最大出力電流

6表 3.文書の改訂履歴

11



フィギュア一覧

図 1. 降圧レギュレータ 2

図 2. 降圧コンバータのスイッチング 3

図 3. 昇降圧レギュレータ 4

図 4. 昇降圧コンバータのスイッチング 5

図 5. 昇降圧レギュレータの効率 対 VM 電源電圧 6

図 6. 昇降圧レギュレータの効率 対 ICC 出力電流 (VCC = 8 V) 7

図 7. 昇降圧ボードの簡略回路図 8

図 8. 昇降圧コンバータを使用した場合と使用しない場合のボードの入力電力と出力電流 9



重要なお知らせ – よくお読みください

STMicroelectronics NV およびその子会社 (「ST」) は、予告なしにいつでも ST 製品および/または本書に変更、修正、機能拡張、変更、改善を行う権利を留保します。購入者は注文する前に、ST 製品に関する最新の関連情報を入手する必要があります。ST 製品は、注文確認時に定められた ST の販売条件に従って販売されます。

ST 製品の選択、選択、および使用については購入者が単独で責任を負い、ST はアプリケーションの支援や購入者の製品の設計については一切の責任を負いません。

ST は、明示的か黙示的かを問わず、いかなる知的財産権に対するライセンスも付与しません。

ここに記載されている情報と異なる条項が記載された ST 製品を再販した場合、当該製品に対して ST が付与した保証は無効になります。

ST および ST ロゴは ST の商標です。ST の商標に関する詳細については、www.st.com/trademarks を参照してください。他のすべての製品名またはサービス名は、それぞれの所有者の財産です。

この文書の情報は、この文書の以前のバージョンで提供されていた情報に優先し、置き換えられます。

© 2021 STマイクロエレクトロニクス – 無断複写・転載を禁じます