

アプリケーション・ノート : AN-1174

IR3899/98/97を利用したDC-DCコンバータの 温度ディレーティング

Suresh Kariyadan 著

目次

| | ページ |
|------------------------------|-----|
| はじめに | 2 |
| 一般的なガイドライン | 3 |
| IR3899 の温度ディレーティング | 3 |
| IR3898 の温度ディレーティング | 6 |
| IR3897 の温度ディレーティング | 9 |
| 温度ディレーティングを最大 85°Cまで拡張 | 10 |
| 結論..... | 11 |
| 参考文献 | 12 |

IR3899/98/97 を利用した DC-DC コンバータの温度ディレーティング

要約：統合された同期整流方式バック・コンバータには、PWM コントローラと、制御用（コントロール）MOSFET、同期整流用（シンクロナス）MOSFET が、それらのドライバと一緒に同じパッケージ内に統合されています。これは、電力密度が最大の DC-DC コンバータ・モジュールを提供します。最終使用環境は、アプリケーションごとに非常に多様であり、システムの開発段階では分からないので、この POL（負荷点）レギュレータの熱管理は非常に重要です。このアプリケーション・ノートでは、異なる動作条件の下での IR3899/98/97 に対する温度ディレーティング・グラフの作成、および、実際の動作条件での POL レギュレータの熱特性の予測について説明します。

はじめに

統合された同期整流方式バック・コンバータは、電力密度を向上し、効率を高め、DC-DC コンバータ全体のサイズを小型化するために使われます。このコンバータには、PWM コントローラ、スイッチング MOSFET、ドライバが同じパッケージの中に統合されています。電力密度の向上は、システム全体のコストを削減し、システム・サイズを小型化しますが、熱の観点からは、良いことではありません。単純な物理学では、ある大きさの表面面積は常に、任意の所定の動作条件に対して、所定の量の電力を放散することが要求されることを示しています。強制空冷することで、所定の量の消費電力のために必要な表面面積を小さくすることができます。

最終使用環境は、しばしば、レギュレータの評価段階では十分に分かっていません。この環境はアプリケーションによって異なるので、温度ディレーティング・グラフが POL レギュレータのデータシートに掲載されています。コンバータの熱特性は、周囲温度と空気の流れが異なる条件の下で、DC-DC コンバータが、どの程度の電流を扱うことができるかを示す温度ディレーティング・グラフによって特徴付けることができます。これらの曲線は、レギュレータの熱的および電氣的な安全動作領域（SOA）を定義します。基板サイズ、銅の厚さとプリント回路基板上の銅の範囲、サーマル・ビア、電源プレーンの数も熱特性に影響します。SuplRBuck シリーズのレギュレータの熱特性を規定するために、出力電力のディレーティング・テストが実施されています。これは電力量を示しており、周囲温度と空気の流れが異なる条件の下で、レギュレータを安全に扱うことができる電力量です。この結果は、温度ディレーティング・グラフとして公開されています。

実験には、IR389X シリーズの SuplRBuck レギュレータを使います。これらのデバイスは、その熱的限界を知るために、データシートで規定された全負荷時の電流よりも、はるかに大きな電流でテストされています。一般的な温度試験の手順は、標準規格の JEDEC EIA / JESD51-X シリーズに従っています。JESD51-2 規格は、自然対流（静止空気）での熱テストの手順を定義し、JESD51-6 は、強制空冷（ファン冷却）のための熱テストの方法を規定しています。JESD51-12 の“Guide lines for reporting and using electronic package thermal information”は、パッケージの熱情報を使うときの一般的なガイドラインです。

IR3899、IR3898、IR3897 を熱テストに使いました。IR3899 は、電流定格 9A ですが、12A までテストし、IR3898 は定格 6A で 9A まで、定格 4A の IR3897 は 6A までテストしました。このテストは、入力電圧範囲 6.8V~16V、周波数範囲 300kHz~1.5MHz で実施しました。したがって、定格入力電圧と周波数範囲のすべてをカバーしています。2 種類の出力電圧は、より低い電圧とより高い電圧の範囲をカバーするために、1.2V と 3.3V を選びました。

一般的なガイドライン

温度ディレーティングに使われる一般的なガイドラインを以下に示します。

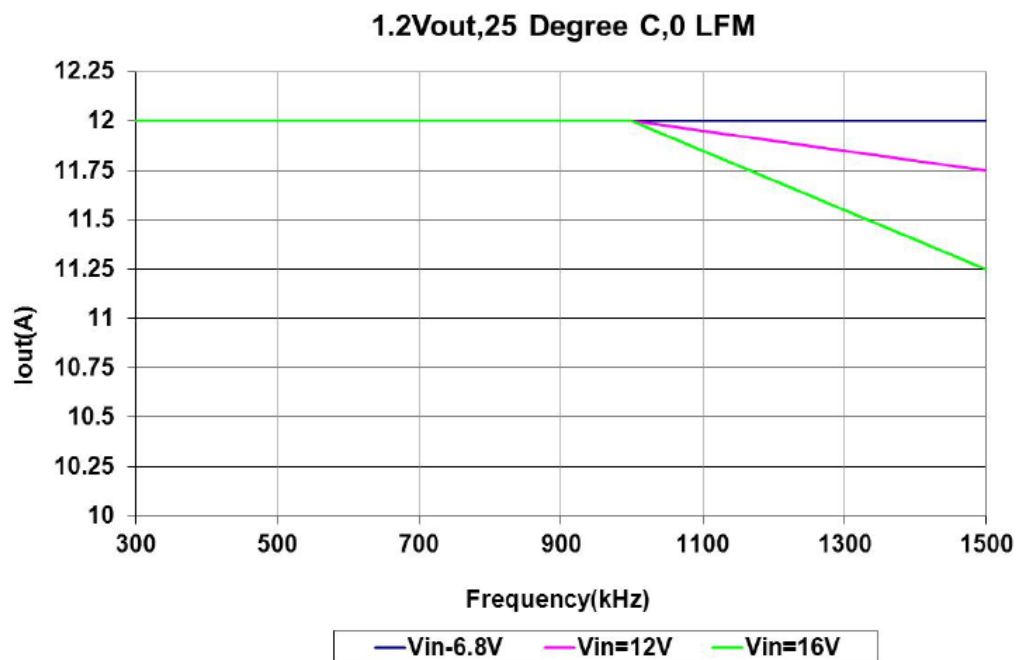
- 温度ディレーティングは、IR の標準的な評価基板を使って実施。
- 評価基板は、材料に FR4、厚さ 0.062 インチ、2 オンス銅を使用した 4 層基板。
- 基板サイズは、2.23 インチx2 インチ。
- テストは、6.8V、12V、16V 入力で実施。
- 測定周波数は、300 kHz、600kHz、1MHz、1.5 MHz。
- テストは、1.2V、および 3.3V 出力で実施。
- テストは、0 LFM（対流冷却）と 200 LFM（強制冷却）で、周囲温度 25°C と 50°C で実施。
- 温度テストは、周囲温度 85°C まで拡張。
- 接合部温度は、125°C 以下に維持。

IR3899 の温度ディレーティング

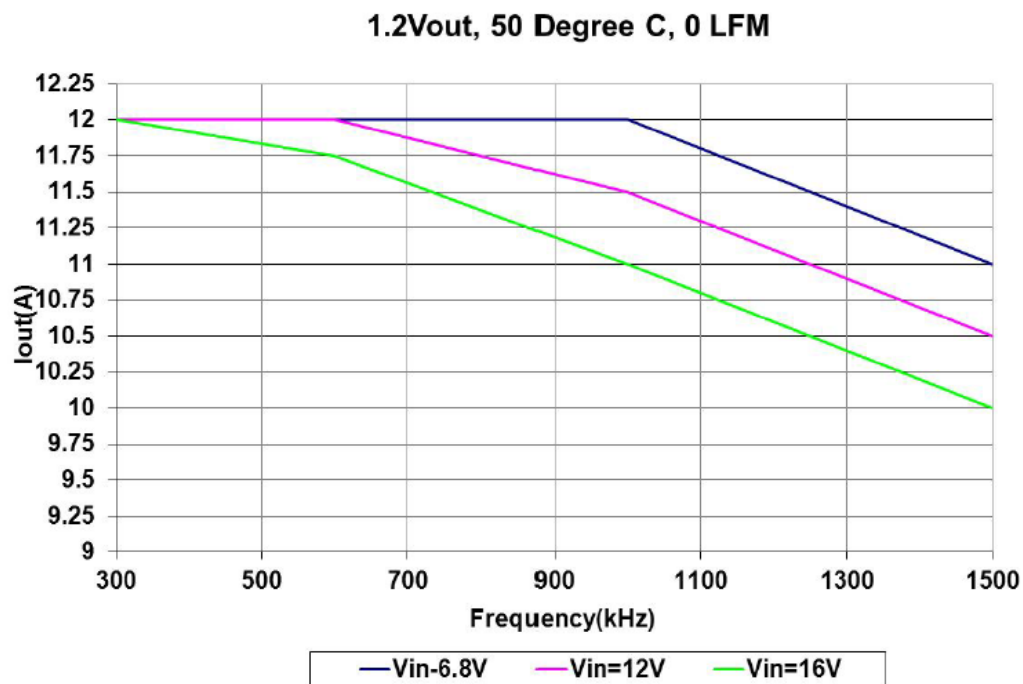
IR3899 は、高度に統合された SupIRBuck シリーズの製品で、定格 9A、単一入力の同期整流方式バック・レギュレータです。パッケージは 4mmx5mm の PQFN。搭載された上側と下側の MOSFET のオン抵抗は、それぞれ 18mΩ と 9mΩ です。

下表は、温度ディレーティングに使われたコイルを示します。

| 周波数 | Vout=1.2V | Vout=3.3V |
|--------|--|------------------------------------|
| 300kHz | 0.68μH、2.4mΩ (Delta MPT1040-R68M11) | 1.2μH、2.9mΩ (Delta MPL105-1R2) |
| 600kHz | 0.51μH、0.29mΩ (Vitec 59PR9876N) | 1.2μH、2.9mΩ (Delta MPL105-1R2) |
| 1MHz | 0.22μH、0.29mΩ (Vitec 59PR9873N) | 0.51μH、0.29mΩ (Vitec 59PR9876N) |
| 1.5MHz | 0.22μH、0.29mΩ (Vitec 59PR9873N) | 0.4μH、0.29mΩ (Vitec 59PR9875N) |

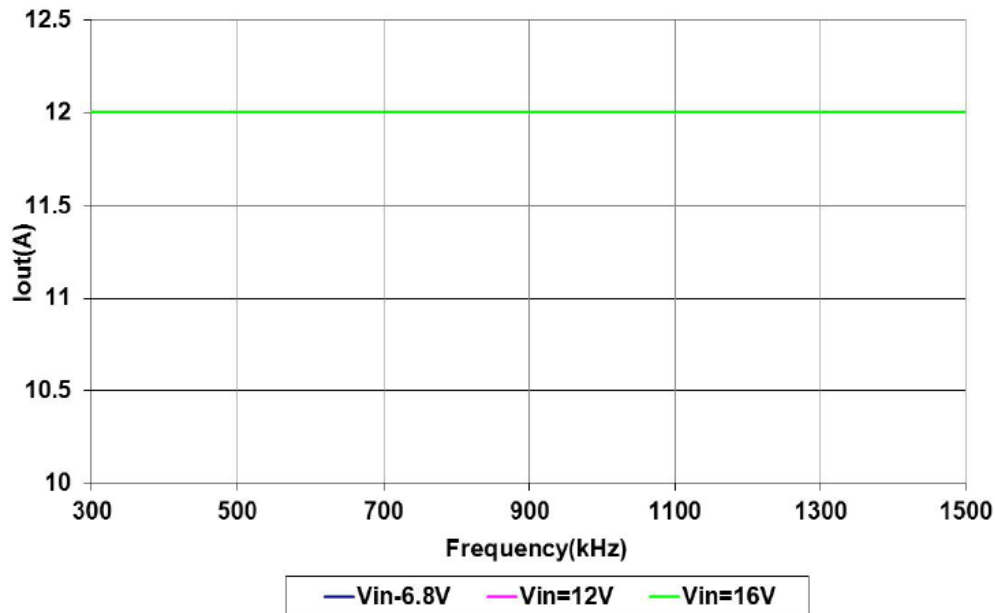


図(1) - 空気流なしで周囲温度 25°Cのときの 1.2Vout に対する IR3899 の温度ディレーティング



図(2)- 空気流なしで周囲温度 50°Cのときの 1.2Vout に対する IR3899 の温度ディレーティング

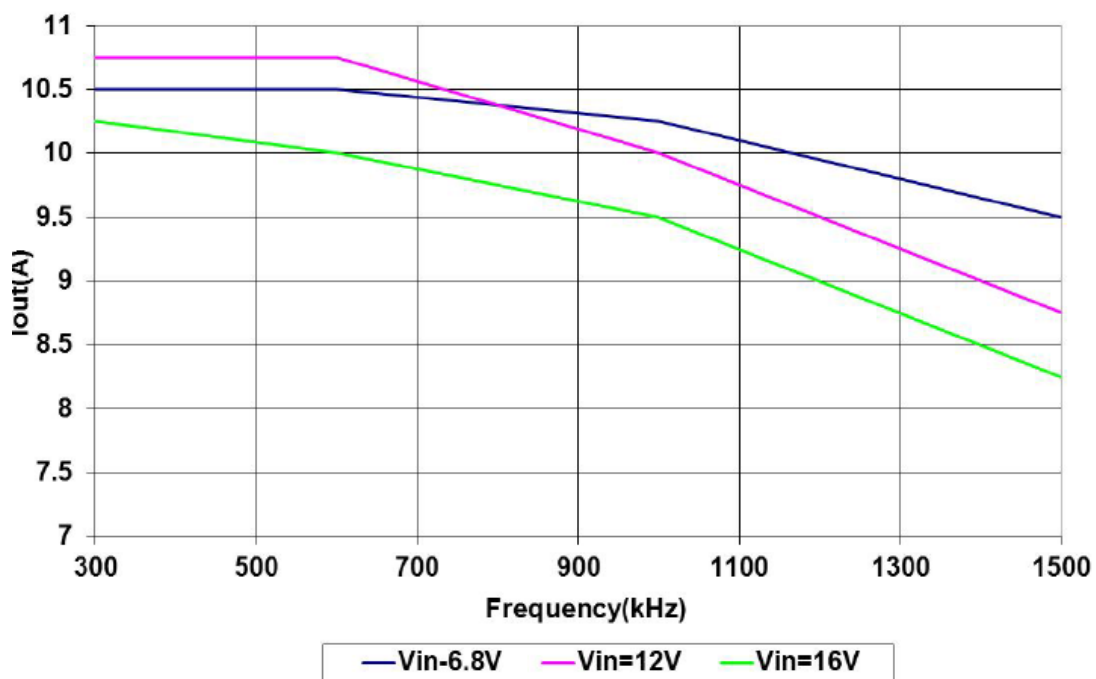
1.2Vout, 50 Degree C, 200 LFM



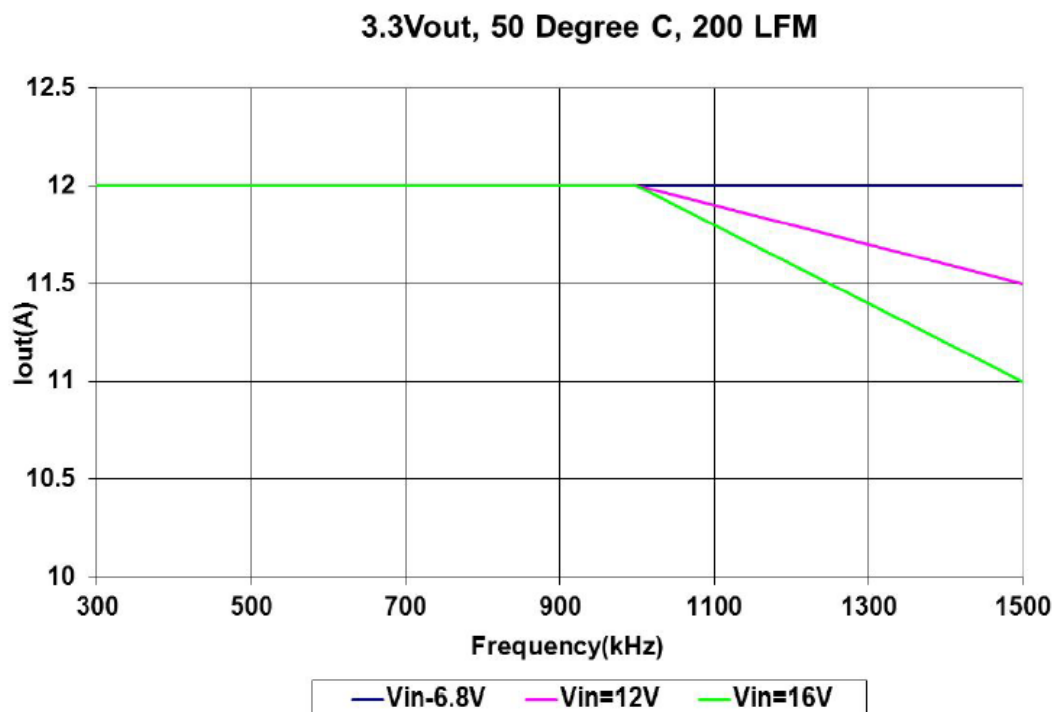
注：3つの曲線がすべて重なっています。

図(3)- 空気流 200LFM で周囲温度 50°Cのときの 1.2Vout に対する IR3899 の温度ディレーティング

3.3Vout, 50 Degree C, 0 LFM



図(4)- 空気流なしで周囲温度 50°Cのときの 3.3Vout に対する IR3899 の温度ディレーティング



図(5)- 空気流 200LFM で周囲温度 50°Cのときの 3.3Vout に対する IR3899 の温度ディレーティング

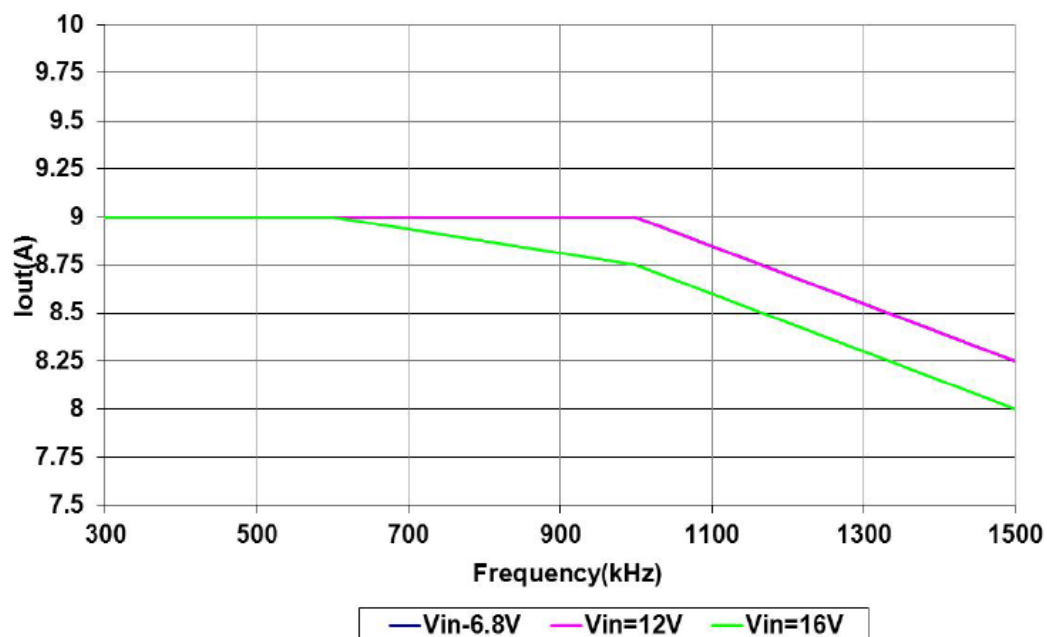
IR3898 の温度ディレーティング

IR3898 は、高度に統合された SupIRBuck シリーズの製品で、定格 6A、単一入力の同期整流方式バック・レギュレータです。パッケージは 4mm×5mm の PQFN。搭載された上側と下側の MOSFET のオン抵抗は、それぞれ 18mΩ と 11.3mΩ です。

下表は、温度ディレーティングに使われたコイルを示します。

| 周波数 | Vout=1.2V | Vout=3.3V |
|--------|--|--|
| 300kHz | 1μH、4.7mΩ (TDK SPM6550T-1R0) | 3.3μH、6.5mΩ (Würth Elektronik 7443340330) |
| 600kHz | 1μH、4.7mΩ (TDK SPM6550T-1R0) | 1μH、4.7mΩ (TDK SPM6550T-1R0) |
| 1MHz | 1MHz 0.33μH、3.5mΩ (Vishay IHLP2525CZ01ERR33M01) | 1μH、4.7mΩ (TDK SPM6550T-1R0) |
| 1.5MHz | 0.33μH、3.5mΩ (Vishay IHLP2525CZ01ERR33M01) | 0.82μH、4.2mΩ (TDK SPM6550T-0R82) |

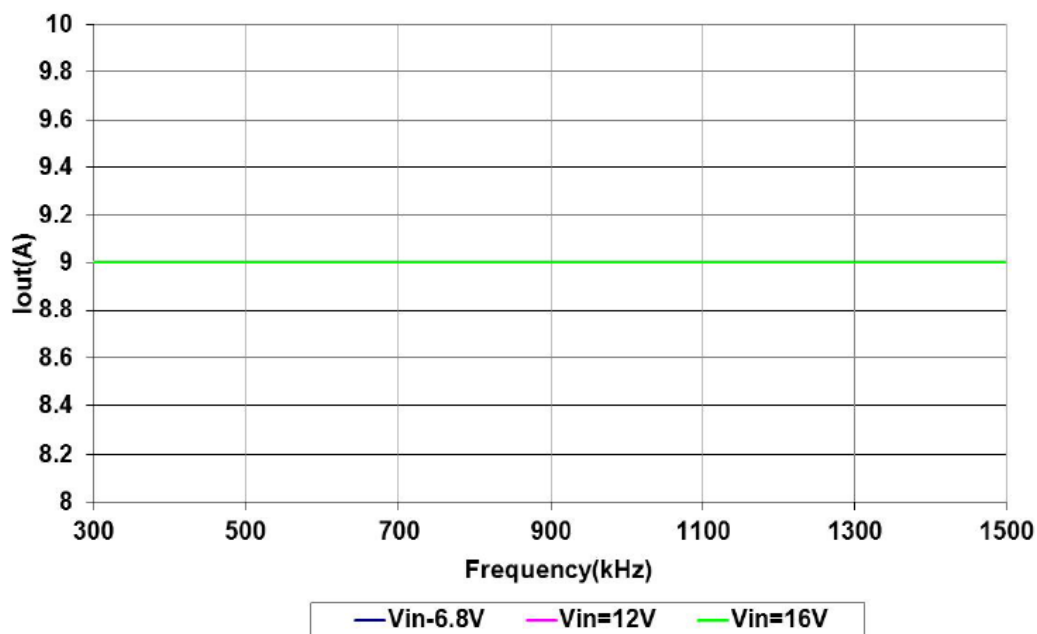
1.2Vout, 50 Degree C, 0 LFM



注：6.8V と 12V の曲線が互いに重なっています。

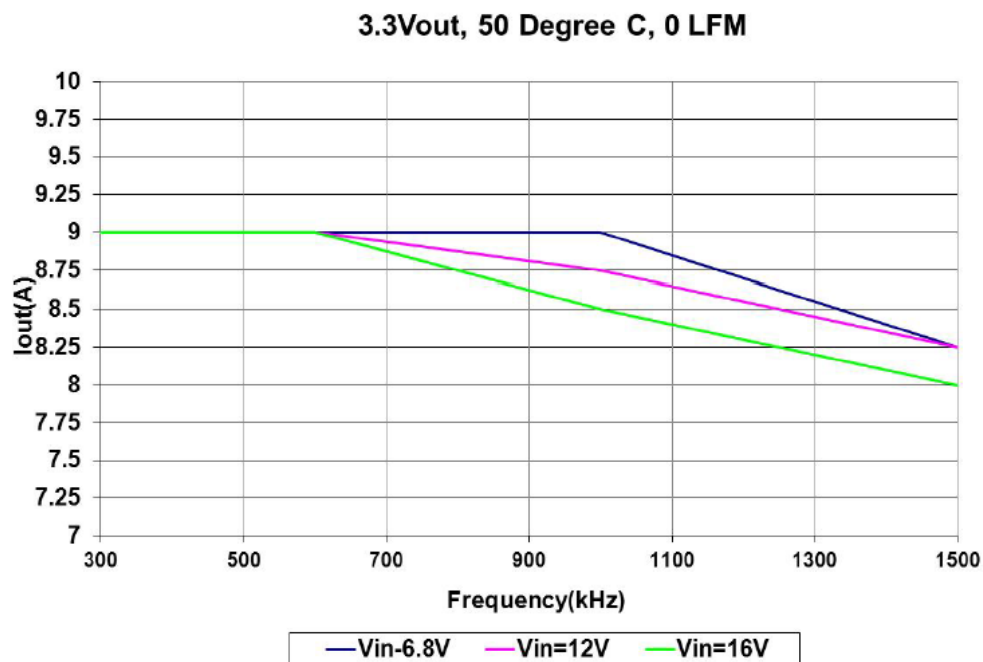
図(6)- 空気流なしで周囲温度 50°Cのときの 1.2Vout に対する IR3898 の温度ディレーティング

1.2Vout, 50 Degree C, 200 LFM

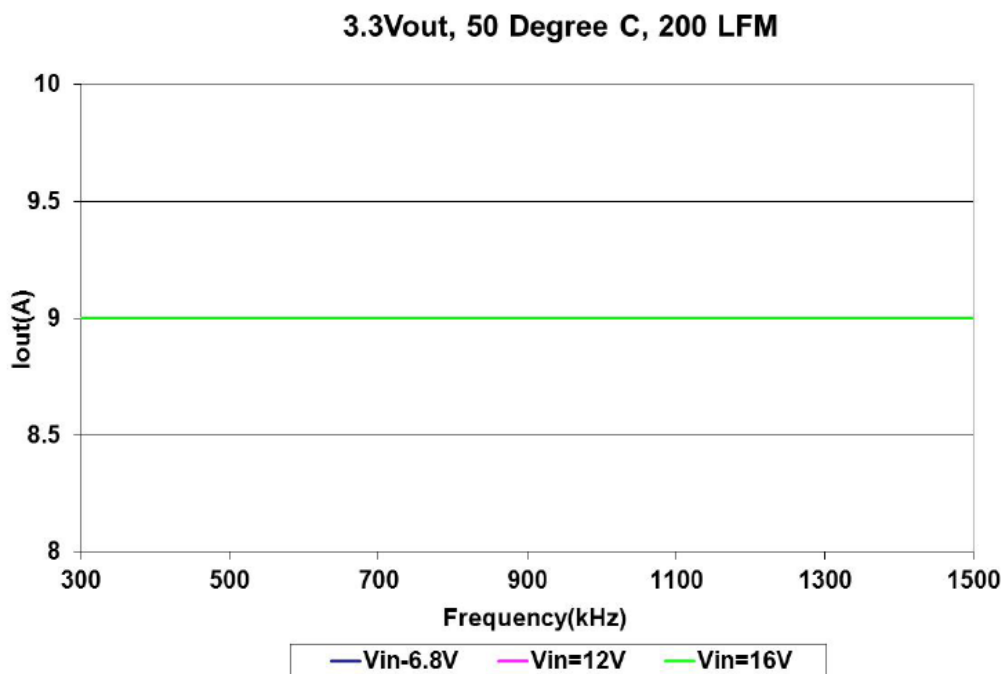


注：3つの曲線がすべて重なっています。

図(7)- 空気流 200LFM で周囲温度 50°Cのときの 1.2Vout に対する IR3898 の温度ディレーティング



図(8)- 空気流なしで周囲温度 50°Cのときの 3.3Vout に対する IR3898 の温度ディレーティング



注：3つの曲線がすべて重なっています。

図(9)- 空気流 200LFM で周囲温度 50°Cのときの 3.3Vout に対する IR3898 の温度ディレーティング

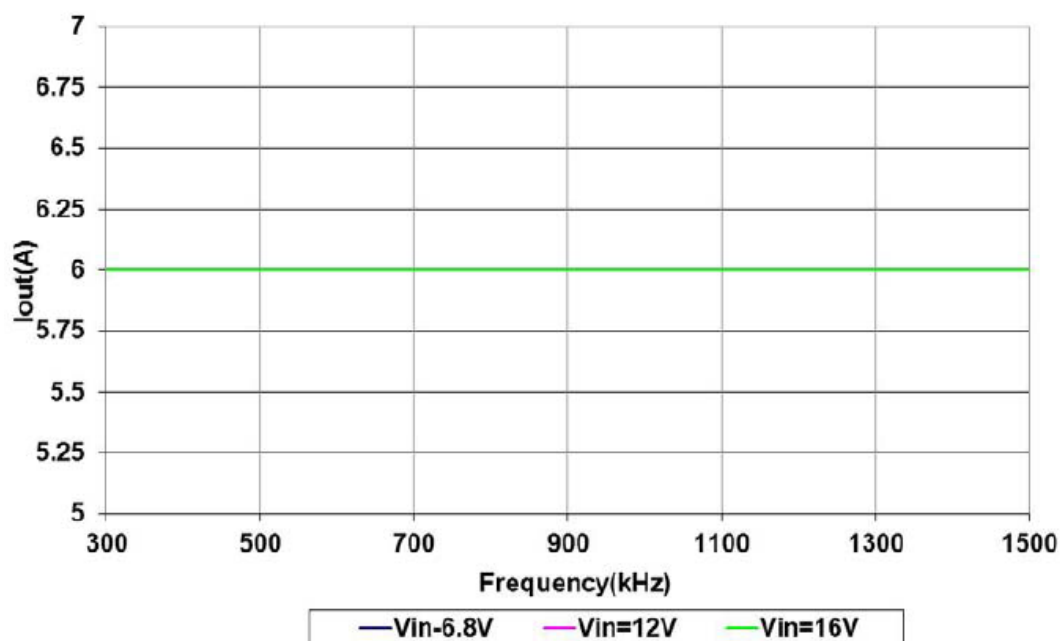
IR3897 の温度ディレーティング

IR3897 は、高度に統合された SupIRBuck シリーズの製品で、定格 4A、単一入力の同期整流方式バック・レギュレータです。パッケージは 4mm×5mm の PQFN。搭載された上側と下側の MOSFET のオン抵抗は、それぞれ 18mΩ と 16.8mΩ です。

下表は、温度ディレーティングに使われたコイルを示します。

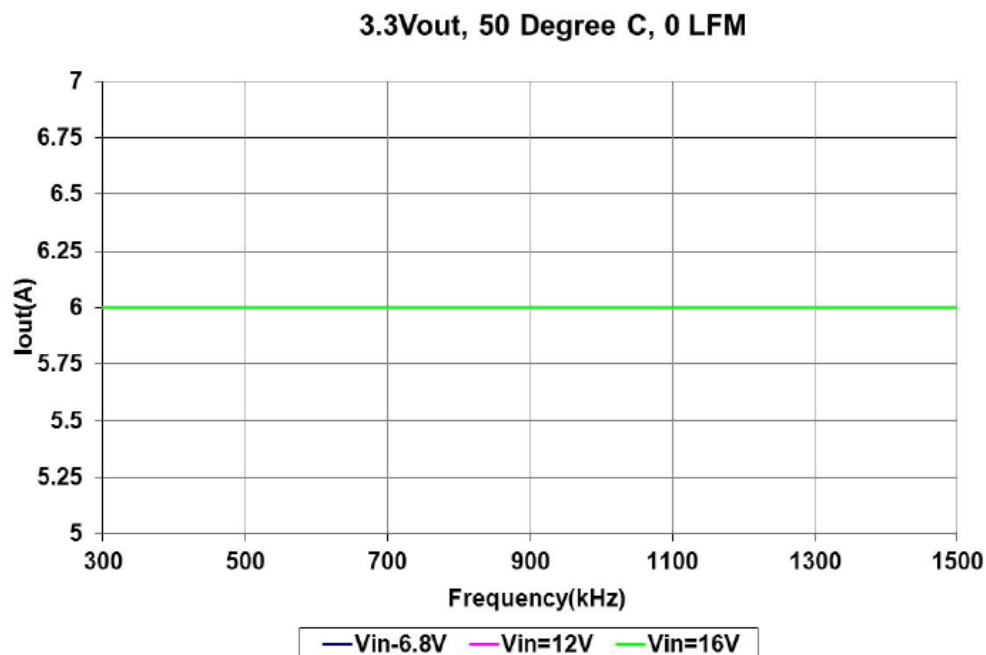
| 周波数 | Vout=1.2V | Vout=3.3V |
|--------|---|--|
| 300kHz | 1.5μH、6.7mΩ (Cyntec PCMB065T-1R5) | 3.3μH、6.5mΩ (Wurth Elektronik 7443340330) |
| 600kHz | 1.5μH、6.7mΩ (Cyntec PCMB065T-1R5) | 1.5μH、6.7mΩ (Cyntec PCMB065T-1R5) |
| 1MHz | 0.68μH、5mΩ (Vishay IHLP2525CZERR68M01) | 1μH、4.7mΩ (TDK SPM6550T-1R0) |
| 1.5MHz | 0.33μH、3.5mΩ (Vishay IHLP2525CZ01ERR33M01) | 0.82μH、4.2mΩ (TDK SPM6550T-0R82) |

1.2Vout, 50 Degree C, 0 LFM



注：3つの曲線は、互いにすべて重なっています。

図(10)- 空気流なしで周囲温度 50°Cのときの 1.2Vout に対する IR3897 の温度ディレーティング

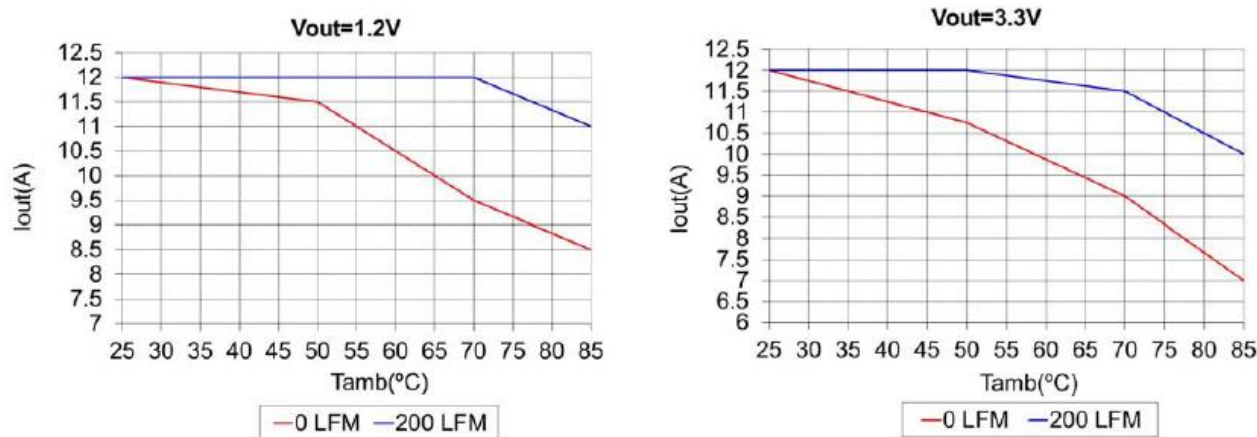


注：3つの曲線は、互いにすべて重なっています。

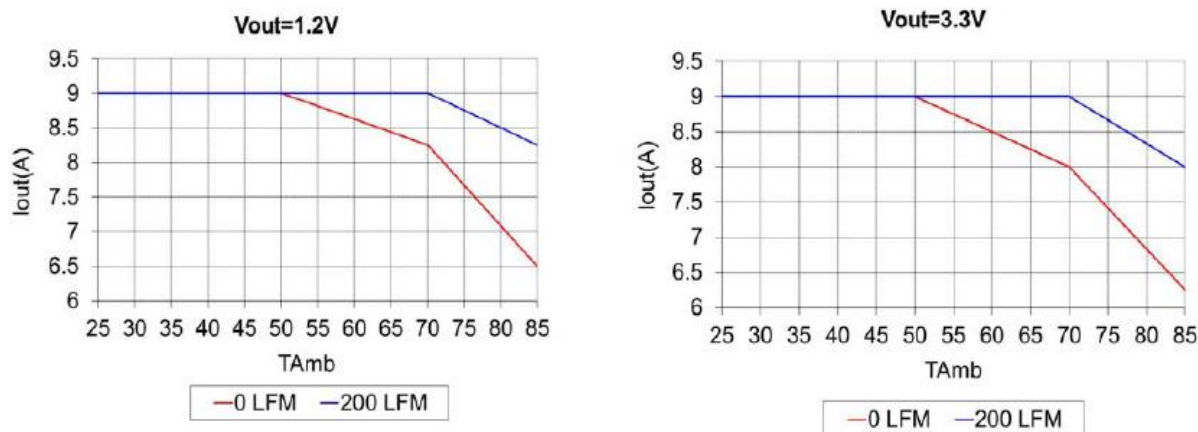
図(11)- 空気流なしで周囲温度 50°Cのときの 3.3Vout に対する IR3897 の
温度ディレーティング

温度ディレーティングを最大 85°Cまで拡張

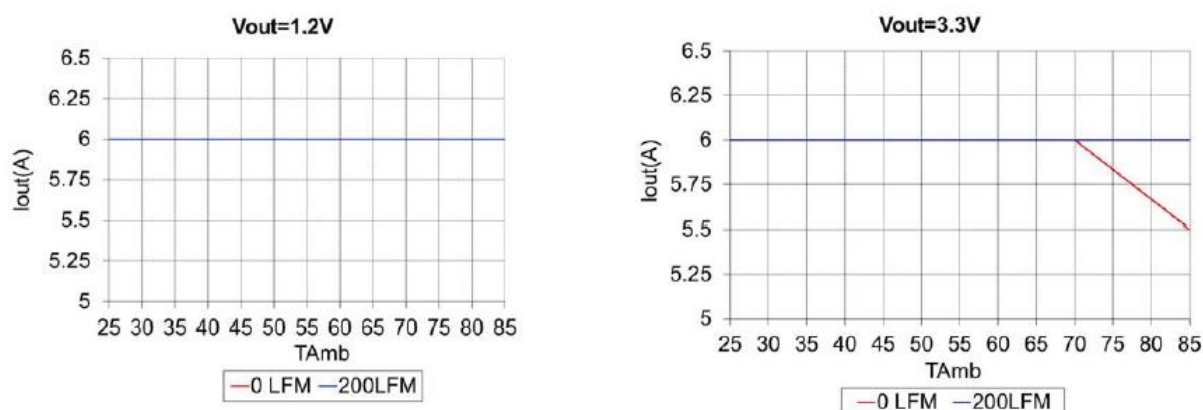
より高い周囲温度での熱特性を見るために、IR3899/98/97 は、600 kHz、12V 入力の際の 1.2V と 3.3V の出力に対する最大温度 85°Cまでのテストも実施しました。



図(12)- 600 kHz で Vin = 12V のとき、Vout =1.2V と 3.3V に対する IR3899 の
温度ディレーティング



図(13)- 600 kHz で $V_{in} = 12V$ のとき、 $V_{out} = 1.2V$ と $3.3V$ に対する IR3898 の温度ディレーティング



図(14)- 600 kHz で $V_{in} = 12V$ のとき、 $V_{out} = 1.2V$ と $3.3V$ に対する IR3897 の温度ディレーティング

結論

顧客のシステムにおける SupIRBuck IC の熱特性は、全消費電力、使用したプリント回路基板の層の数、プリント回路基板の材料、もし利用可能なら空気の流れ、空気流の方向、隣接する部品の消費電力、隣接する基板の向き、および、それらの熱条件によって影響を受けます。SupIRBuck IC は、裏面に複数の熱伝導パッドを備えているので、周囲への熱伝導のための複数の経路が存在します。これらは、接合部からパッケージ、そして周囲へと流れ、また、別の経路は、接合部から裏面の熱伝導パッドへ、そして基板へ、次に周囲へと流れます。

- IR3899 は、周囲温度 $50^{\circ}C$ で、 $1.2V$ 出力に対して空気流 200 LFM のとき、すべての入力電圧条件で電流 12A を扱うことができます。 $3.3V$ 出力では、周囲温度 $50^{\circ}C$ 、空気流 200LFM のとき、1MHz 以上の動作で温度ディレーティングがあります。

- IR3898 は、最大 9A までの電流で、1.2V と 3.3V の出力、空気流 200LFM のとき、周囲温度が最大 50°Cまで温度ディレーティングは、ありません。周囲温度 50°C以上で空気流がないときは、両方の出力に対して温度ディレーティングがあります。
- IR3897 は、1.2V と 3.3V の出力、空気流なし、周囲温度 50°Cのとき、6A の電流を扱えます。

インターナショナル・レクティファイアー社は、SuplRBuck デバイスの定格電流を保守的に規定しています。上記の温度ディレーティング・グラフは、IR3899/98/97 の拡張された熱特性を実証しています。しかし、最大電流は、内部の電流制限によって制限されるので、設計者は、定常状態の動作条件でトリップしないデバイスの保証として、負荷電流と最小の電流制限の間に十分なガードバンドを考慮する必要があります。

参考文献

- 1) JEDEC EIA/JESD 51-X Series Standards for general thermal test procedures.
- 2) 2) Optimize Thermal Derating of PWM ICs- Power Electronics Technology, February 2009. http://powerelectronics.com/thermal_management/DesignFeature2-0209.pdf
