

スイッチングレギュレータ IC シリーズ

降圧 DC/DC コンバータの周辺部品定数決定方法

このアプリケーションノートでは降圧 DC/DC コンバータの周辺部品定数を決定する手順について説明しています。

目次

1. 降圧 DC/DC コンバータの正しい定数決定の意義.....	2
2. 定数決定の手順.....	2
2.1. 入力コンデンサの決定.....	2
2.2. 出力コンデンサの決定.....	2
2.3. 出力電圧設定抵抗の決定.....	2
2.4. インダクタの決定.....	3
2.5. 位相補償定数の決定.....	3
2.6. ブートストラップコンデンサの決定.....	3
2.7. その他機能の定数決定.....	4
2.7.1. ソフトスタート時間設定コンデンサの決定.....	4

目次に従って、周辺部品定数は算出できますが、データシート記載の応用回路例に示す推奨定数以外の設定をご利用の場合、弊社までお問い合わせください。

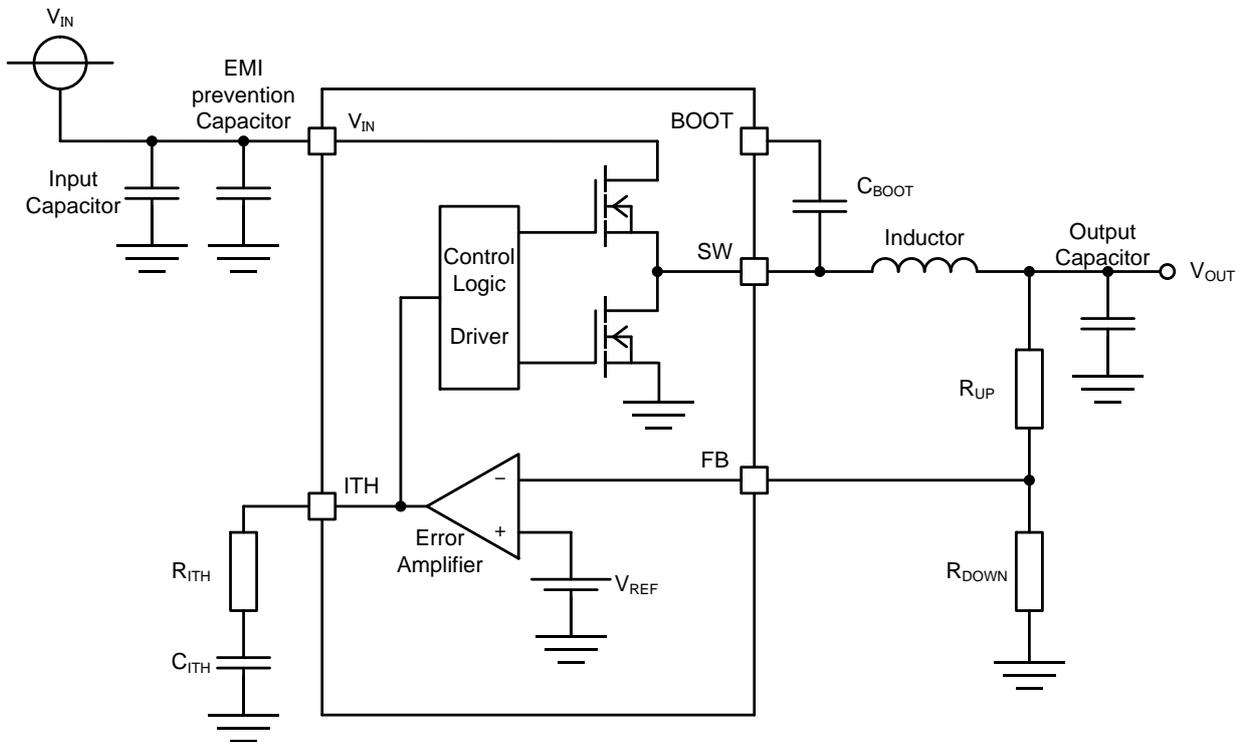


Figure 1. 降圧 DC/DC コンバータ回路図

1. 降圧 DC/DC コンバータの正しい定数決定の意義

降圧 DC/DC コンバータは LDO に比べ、外部に接続する部品点数が多いという特徴があります。よって、部品の定数の決め方は LDO に比べ、複雑になり、部品の選定が正しく行われることが重要です。

では、次章から設計の手順を示します。

2. 定数決定の手順

2.1. 入力コンデンサの決定

入力コンデンサは入力電圧の安定化と、EMI 対策のため入力と Ground 間に接続します。入力コンデンサにセラミックコンデンサを使うことが多くなりましたが、入力電圧により実容量が減る DC バイアス特性を考慮する必要があります。詳細は各コンデンサのメーカーにお問い合わせください。

データシートに載っているコンデンサは実容量が十分に確保されているものが選ばれています。同容量であっても低背品やサイズの小さなコンデンサにした場合は、DC バイアス特性により十分に実容量が確保できない場合があります。データシートに型番が載っている場合は、DC バイアス特性を調べて、その実容量以下にならないようにしてください。

例えば、入力電圧 5V に対し、データシート記載の公称値 10 μ F、3216 サイズのコンデンサを接続した場合、Figure 2 から実容量は 9.6 μ F あります。同じ公称値で 1608 サイズのコンデンサの実容量は 3.1 μ F に減少します。この場合、データシートに記載しているコンデンサの実容量を大幅に下回るので IC の安定動作に支障をきたします。

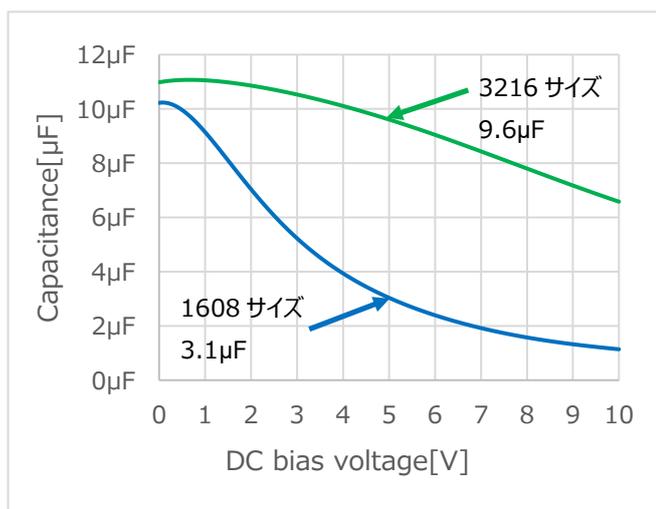


Figure 2. セラミックコンデンサの DC バイアス特性例

他に、EMI 対策として 0.1 μ F 程度のコンデンサを IC 直近に接続することを推奨します。

更に詳しい情報が必要な場合は、次のアプリケーションノートをご覧ください。

- 降圧コンバータ IC のコンデンサ計算
- 降圧コンバータに使用する積層セラミックコンデンサの留意点

2.2. 出力コンデンサの決定

出力コンデンサは平滑化(出力リップルの軽減)のため出力と Ground 間に接続します。出力コンデンサに使われるセラミックコンデンサについても 2.1 にて記載の通り、データシートに載っている型番から実容量を調べ、それと同等の実容量を持つコンデンサを選ぶ必要があります。容量値が異なると、2.5 の位相補償にズレが生じるため、IC の安定動作に支障をきたします。

入力コンデンサと同様に、更に詳しい情報が必要な場合は、次のアプリケーションノートをご覧ください。

- 降圧コンバータ IC のコンデンサ計算
- 降圧コンバータに使用する積層セラミックコンデンサの留意点

2.3. 出力電圧設定抵抗の決定

出力電圧設定抵抗は FB 端子と出力、FB 端子と Ground に対し、接続します(それぞれ R_{UP} 、 R_{DOWN} とします)。FB 端子は IC 内部にあるエラーアンプの入力につながっており、エラーアンプのもう一つの入力は基準電圧源につながっています。エラーアンプ入力はイマジナリショートされるので FB 電圧は基準電圧と同じになります(V_{REF} とします)。

出力電圧 V_{OUT} は設定抵抗と基準電圧によって次のように計算できます。

$$V_{OUT} = \frac{(R_{UP} + R_{DOWN})}{R_{DOWN}} \cdot V_{REF} \quad [V] \quad (1)$$

式(1)から設定抵抗により、 V_{OUT} を V_{REF} 以下にすることはできません。また、降圧コンバータですので、 V_{OUT} は V_{IN} を超えることができません。出力電圧範囲や抵抗値の範囲が指定されている場合があるので、データシートを参照してください。

抵抗値の例は、次のアプリケーションノートをご覧ください。

- 降圧コンバータ IC の出力電圧設定用抵抗値早見表

2.4. インダクタの決定

インダクタは直流重畳特性を考慮して選択しなければなりません。IC の最大出力電流を I_L 、リップル電流を ΔI_L とすると、インダクタの飽和電流は式(2)を満足する必要があります。

$$\text{インダクタの飽和電流} > I_L + \frac{\Delta I_L}{2} \quad [\text{A}] \quad (2)$$

また、リップル電流 ΔI_L は式(3)で計算できます。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT} \cdot (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \cdot f_{OSC} \cdot L} \quad [\text{A}] \quad (3)$$

- V_{IN} : 入力電圧 [V]
- V_{OUT} : 出力電圧 [V]
- f_{OSC} : スイッチング周波数 [Hz]
- L : インダクタンス値 [H]

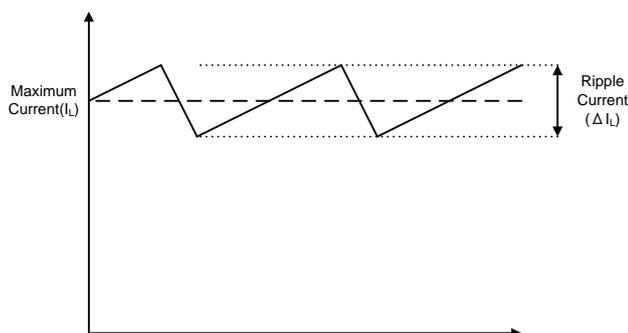


Figure 3. インダクタの電流波形

ただし、直流重畳特性によって、インダクタンス値は飽和電流以下の領域でも電流が加わっていると減少する傾向にありますので、十分な余裕をもって設定してください。

更に詳しい情報が必要な場合は、次のアプリケーションノートをご覧ください。

- 降圧コンバータ IC のインダクタ計算
- 降圧コンバータに使用するパワーインダクタの留意点

2.5. 位相補償定数の決定

電流モードの DC/DC コンバータでは位相補償として、位相補償抵抗 R_{ITH} と位相補償コンデンサ C_{ITH} が使用されます。これらの定数は式(4)(5)で計算できます。

$$R_{ITH} = \frac{2\pi \cdot V_{OUT} \cdot f_{CRS} \cdot C_{OUT}}{V_{REF} \cdot G_{MP} \cdot G_{MA}} \quad [\Omega] \quad (4)$$

$$C_{ITH} = \frac{C_{OUT} \cdot R_{OUT}}{R_{ITH}} \quad [\text{F}] \quad (5)$$

- V_{OUT} : 出力電圧 [V]
- f_{CRS} : クロスオーバー周波数 [Hz]
- C_{OUT} : 出力容量 [F]
- V_{REF} : 内部基準電圧 [V]
- G_{MP} : カレントセンスゲイン [A/V]
- G_{MA} : エラーアンプトランスコンダクタンス [A/V]
- R_{OUT} : 出力負荷抵抗 [Ω]

ただし、データシートに載っている定数はループ安定性の指標である、位相マージン、ゲインマージン共に検査されたものが載っています。よって、計算式のみにとらわれず、データシート記載の値を使用することを推奨します。

位相補償について更に詳しい情報が必要な場合は、次のアプリケーションノートをご覧ください。

- 電流モード降圧コンバータの位相補償設計

2.6. ブートストラップコンデンサの決定

ブートストラップコンデンサの容量は内部回路が正常に動作する値で検証されているため、必ずデータシート記載の容量値を使用してください。入力コンデンサと同様に DC バイアス特性を調べて、その実容量以下にならないようにしてください。実容量が小さくなりすぎると電荷が足りないので昇圧できず、また、大きすぎると電荷を貯めきれず、正常な動作をしません。電荷は全て IC の動作に使用するため、他の負荷を接続してはいけません。

ブートストラップの動作説明については、次のアプリケーションノートをご覧ください。

- 降圧コンバータにおけるブートストラップ回路

2.7. その他機能の定数決定

2.7.1. ソフトスタート時間設定コンデンサの決定

ソフトスタート時間 T_{SS} は式(6)で計算できます。

$$T_{SS} = \frac{C_{SS} \cdot V_{REF}}{I_{SS}} \quad [S] \quad (6)$$

C_{SS} : SS 端子に接続するコンデンサの容量 [F]

V_{REF} : 内部基準電圧 [V]

I_{SS} : SS 端子ソース電流 [A]

ただし、各 IC の最小ソフトスタート時間は決められており、 T_{SS} をそれ以下に設定することはできません。これは出力電圧の立ち上がり時間よりも、ソフトスタート時間を長くする必要があるためです。詳細はデータシートをご覧ください。さらに、出力負荷容量によって、式(7)にて C_{SS} の最小値が制限されます。

$$C_{SS} > \frac{V_{OUT} \cdot I_{SS} \cdot (C_{Load} + C_{OUT})}{(I_{OCP} - I_{OSS} - \frac{\Delta I_L}{2}) \cdot V_{REF}} \quad [F] \quad (7)$$

V_{OUT} : 出力電圧 [V]

I_{SS} : SS 端子ソース電流 [A]

C_{Load} : C_{OUT} 以外に接続されている全出力容量 [F]

C_{OUT} : 出力容量 [F]

I_{OCP} : IC の電流リミット値 [A]

I_{OSS} : ソフトスタート中の出力電流 [A]

ΔI_L : リプル電流 [A]

V_{REF} : 内部基準電圧 [V]

データシート記載の推奨容量以外の設定をご利用の場合は、弊社までお問い合わせください。

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのデレレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>