スイッチングレギュレータ IC シリーズ

電流モード降圧コンバータの位相補償設計

このアプリケーションノートでは電流モード降圧コンバータにおいて、ROHM で用いられている位相補償の設計方法を述べる。

1. 電流モード降圧コンバータでの位相補償とは

ROHM の電流モード降圧コンバータは、2pole-1zero システムを採用しています。このシステムの位相補償はエラーアンプの出力に抵抗 R_{ITH} とコンデンサ C_{ITH} を直列につなぐことで構成されます。ここで、Rea はエラーアンプの出力抵抗、Vref は基準電圧、V_{FB} はフィードバック基準電圧を表します(Figure 1)。

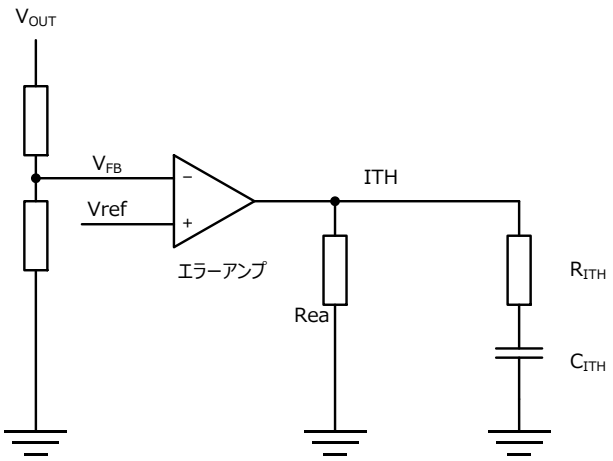

Figure 1. 位相補償回路図

2. 位相補償用部品の設定

Figure 1 のボード線図を Figure 2 に示します。pole で位相が 90°遅れ、zero で位相が 90°進みます。ただし、実回路では位相遅れを発生させる pole が他にも発生し、Phase Margin は 90°より小さくなります。

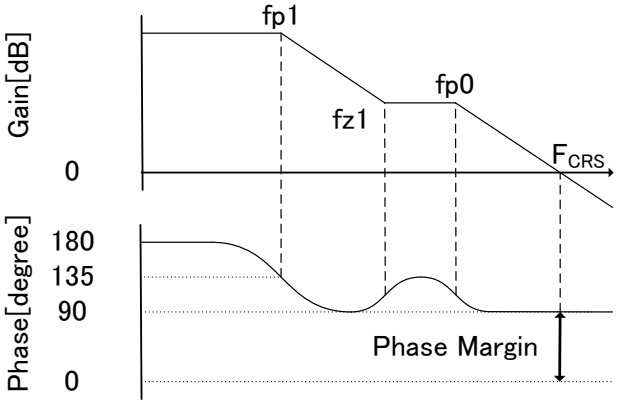

Figure 2. ボード線図

まず、Figure 1 においてできる、pole(fp1)と zero(fz1)の周波数を求めます。

$$fp1 = \frac{1}{2\pi \cdot Rea \cdot C_{ITH}} \ [Hz] \quad (1)$$

$$fz1 = \frac{1}{2\pi \cdot R_{ITH} \cdot C_{ITH}} \ [Hz] \quad (2)$$

この他に出力容量 C_{OUT} と出力負荷抵抗 R_{OUT} による pole(fp0)が存在します。この fp0 は式(3)により計算できます。

$$fp0 = \frac{1}{2\pi \cdot R_{OUT} \cdot C_{OUT}} \ [Hz] \quad (3)$$

Rea: エラーアンプの出力抵抗[Ω]
R_{ITH}: 位相補償用抵抗[Ω]
C_{ITH}: 位相補償用容量[F]
R_{OUT}: 出力負荷抵抗[Ω]
C_{OUT}: 出力容量[F]

R_{OUT} は各 IC の最大出力電流 I_{OUTmax} を使用して求めます。オームの法則から $R_{OUT}=V_{OUT}/I_{OUTmax}$ で表せます(V_{OUT}:出力電圧)。

© 2018 ROHM Co., Ltd.

No. 61AN070J Rev.001
2018.11

次に、R_{ITH} は式(4)のように表せます。

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

F_{CRS}: クロスオーバ周波数[Hz]
V_{OUT}: 出力電圧[V]
C_{OUT}: 出力容量[F]
G_{MA}: エラーアンプトランスコンダクタンス[A/V]
G_{MP}: カレントセンスゲイン[A/V]
V_{FB}: フィードバック基準電圧[V]

また、支配的な pole(fp0)に zero(fz1)を合わせることで、適切な補償ができます。fp0=fz1 より、式(5)が得られます。

$$C_{ITH} = \frac{R_{OUT} \cdot C_{OUT}}{R_{ITH}} \quad (5)$$

R_{OUT}: 出力負荷抵抗[Ω]
C_{OUT}: 出力容量[F]
R_{ITH}: 位相補償用抵抗[Ω]

3. 実例紹介

C_{OUT} はセラミックコンデンサが使われることが多くなりました。しかし、セラミックコンデンサは、DC バイアス特性、および、AC 電圧特性を考慮しなければなりません。DC バイアスが 1.8V の時、かつ、AC 電圧が 30mV だとすると、22μF の容量が実容量では 16.5μF 程度まで下がることが確認できます(Figure 3, Figure 4)。

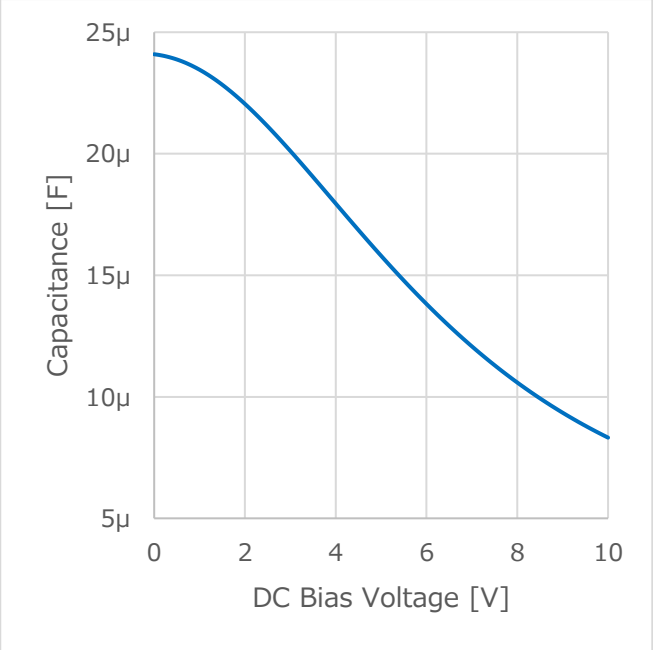

Figure 3. セラミックコンデンサの DC バイアス特性例

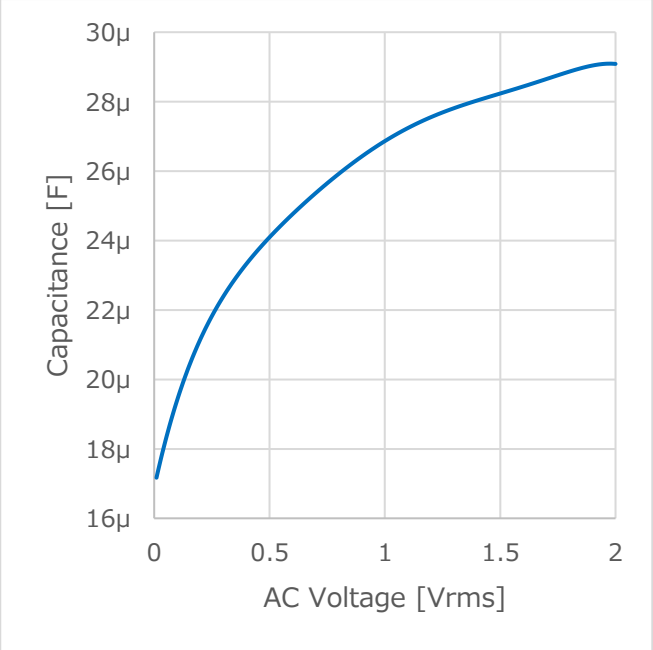

Figure 4. セラミックコンデンサの AC 電圧特性例

© 2018 ROHM Co., Ltd.

式 (4) 、および、式 (5) に V_{OUT}=1.8V 、R_{OUT}=600m Ω (I_{OUTmax}=3A)、C_{OUT}=33μF(前述の特性を持つセラミックコンデンサを 2 つ並列接続)、F_{CRS}=60kHz、G_{MP}=13A/V、G_{MA}=260μA/V、V_{FB}=0.8 を当てはめると、次のように計算できます。

$$R_{ITH} = \frac{2\pi \cdot 60\text{kHz} \cdot 1.8\text{V} \cdot 33\mu\text{F}}{260\mu\text{A/V} \cdot 0.8\text{V} \cdot 13\text{A/V}}$$

$$R_{ITH} = 8.28\text{k}\Omega \cong 8.2\text{k}\Omega$$

$$C_{ITH} = \frac{600\text{m}\Omega \cdot 33\mu\text{F}}{8.28\text{k}\Omega}$$

$$C_{ITH} = 2391\text{pF} \cong 2400\text{pF}$$

以上のように設定することができました。得られる位相特性例を Figure 5 に示します。ここで、Figure 2 の fp1 は 1kHz よりも低いので、Figure 5 には現れません。また、fp0=fz1 としているため、Figure 5 では Figure 2 のように、fp0、fz1 による Gain、および、Phase の変化はありません。

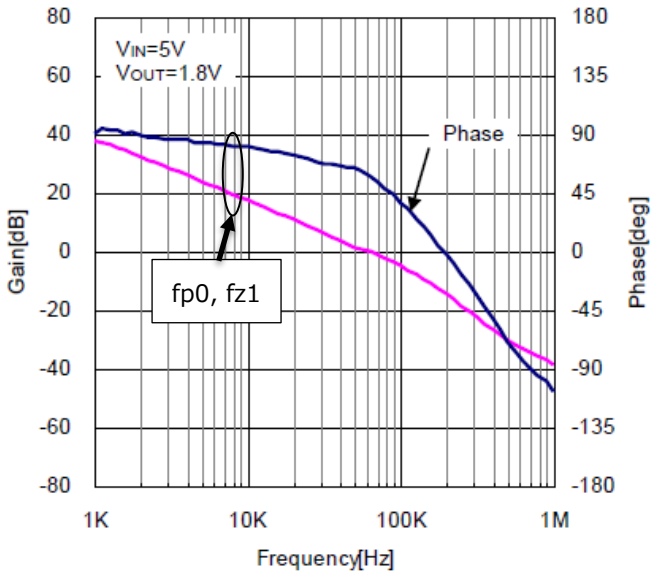

Figure 5. 位相特性例

以上が ROHM で行われている位相補償定数の設定方法ですが、各 IC のデータシートに定数設定が載っている場合は、様々な検証が行われた結果に従って記載されているため、その値を優先してください。

© 2018 ROHM Co., Ltd.

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ィレーティング、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。
したがいまして、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おりません。

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ものですが、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/

© 2016 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.