

リニアレギュレータシリーズ

# リニアレギュレータの簡易的な安定性実験

BAxxCC0 シリーズ

No.AEK59-D1-0056-0

大容量積層セラミックコンデンサ(以降 MLCC)が一般的では無い時代に開発された LDO は、出力に MLCC などの低 ESR コンデンサを接続すると位相遅れが発生し発振を起こします。基板の省スペース化や部品の長寿命化のために MLCC を使用するケースが多くあります。出力コンデンサに MLCC を使用する場合は、直列に抵抗を挿入して見かけ上の ESR を高くし、位相進みを作ることで MLCC を使用することができます。出力電圧可変型の LDO では帰還ループが外部に出ています。出力電圧固定型では閉ループ回路の位相マージンを測定することができません。このアプリケーションノートではステップ応答法を用いた簡易的な実験で安定性の推定をおこなうヒントを提供します。

## 一般的な位相マージン測定方法

LDO の位相マージンを測定する場合、Figure 1 に示すように閉ループの一部を切断し、そこへ信号源を挿入してボード線図を取得し位相マージンを評価します。しかし、出力電圧固定型 LDO は帰還ループが IC へ内蔵されているため、この測定方法は使用できません。

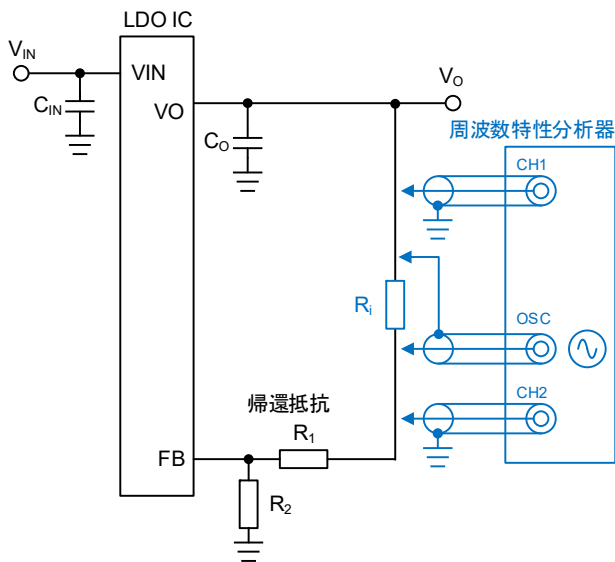


Figure 1. 一般的な位相マージン測定回路

## 簡易的な安定性実験

ボード線図の取得が困難な場合は、ステップ応答法を用いて簡易的に安定性を推測することができます。Figure 2 にステップ応答を測定する回路例を示します。LDO 出力に電子負荷装置を接続し、オシロスコープで  $V_O$  の電圧波形をモニターします。LDO の  $V_{IN}$  に電圧を供給し、次に電子負荷装置の電流を変化させます。例えば電流は 0A から LDO の定格電流まで、 $1A/\mu s$  のスルーレートで急峻に変化させるときれいなステップ応答波形が観測できます。

電子負荷装置が無い場合は Figure 3 のようにトランジスタスイッチを使用した回路でも測定できます。N-ch MOSFET のゲートにファンクションジェネレータを接続しトランジスタを高速に OFF-ON します。トランジスタ OFF 時は電流が 0A に、ON 時は  $V_O/R_L$  の電流が流れます。

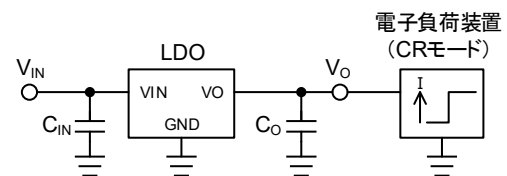


Figure 2. ステップ応答測定回路例

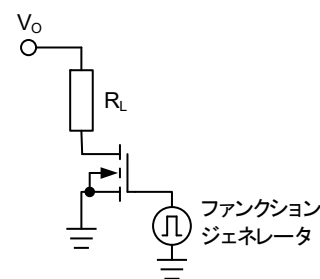


Figure 3. トランジスタスイッチを使用した負荷装置

BA05CC0 の出力に MLCC を使用し、直列に抵抗を挿入した時のステップ応答と位相マージンの関係について実験を行いました。ステップ応答の測定回路を Figure 4 に、実験結果を Figure 5 ~ Figure 10 に示します。また Figure 11 ~ Figure 17 は出力コンデンサ容量を変えたときの実験結果を示します。

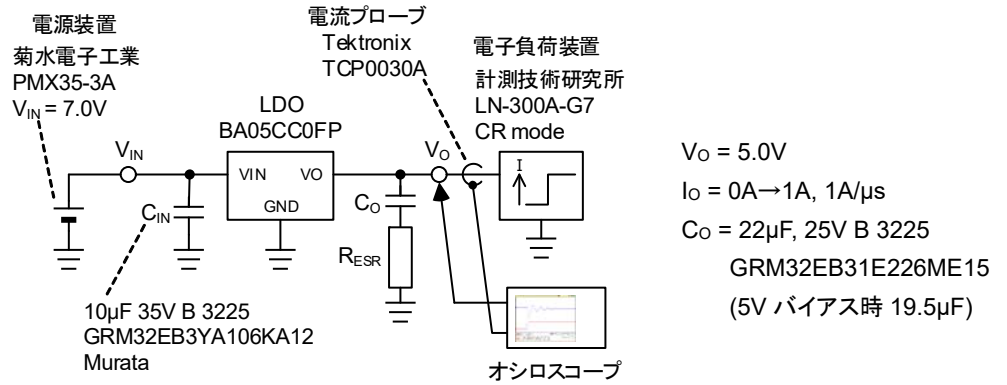


Figure 4. 実験に使用したステップ応答測定回路例

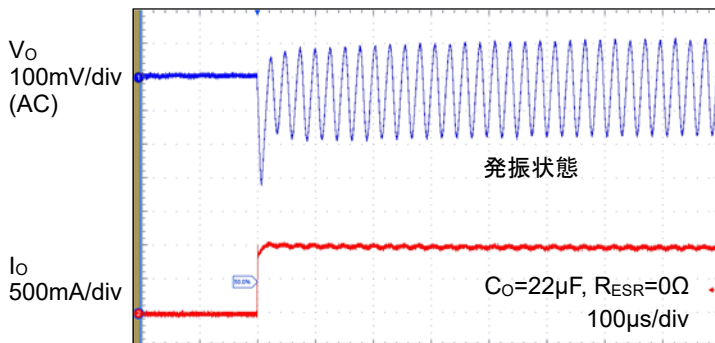


Figure 5. 位相マージン = ゼロ

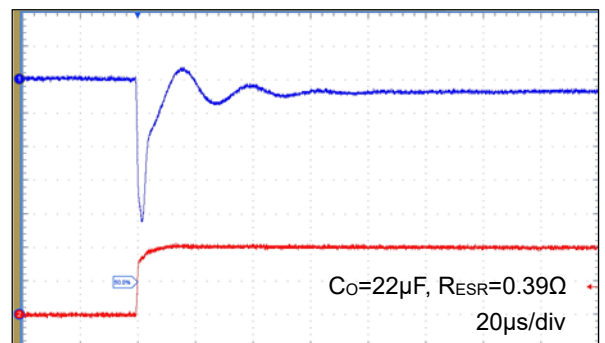


Figure 8. 位相マージン = 52deg

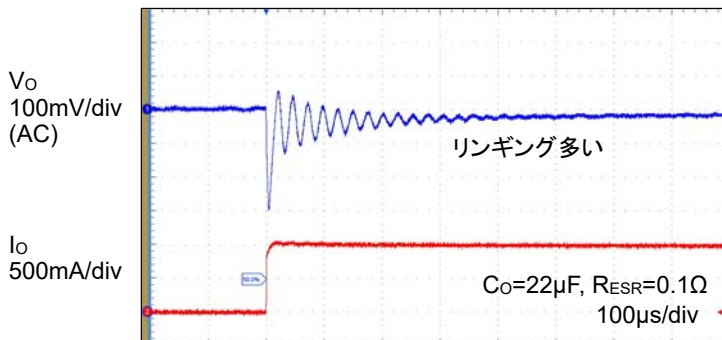


Figure 6. 位相マージン = 9.9deg



Figure 9. 位相マージン=82deg

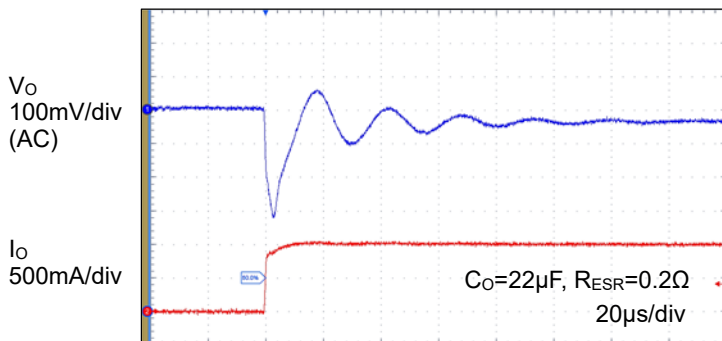


Figure 7. 位相マージン = 25deg

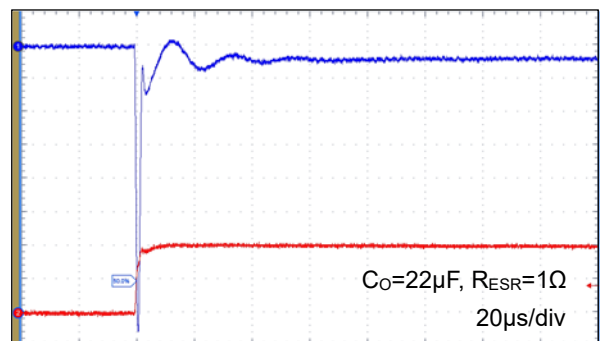


Figure 10. 位相マージン=70deg

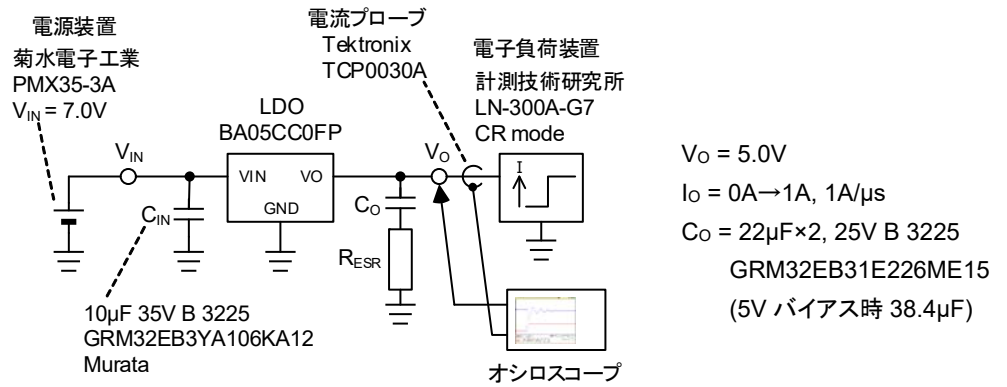


Figure 11. 実験に使用したステップ応答測定回路例

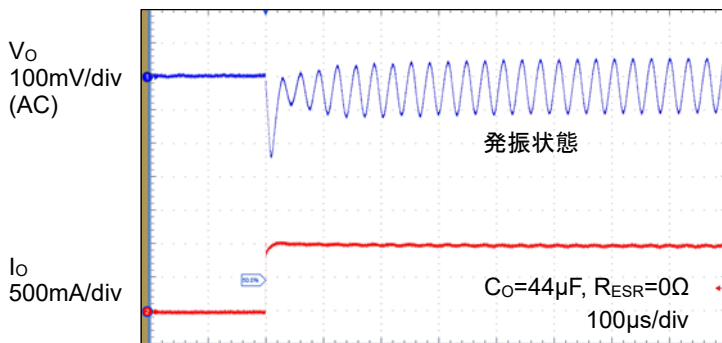


Figure 12. 位相マージン = ゼロ

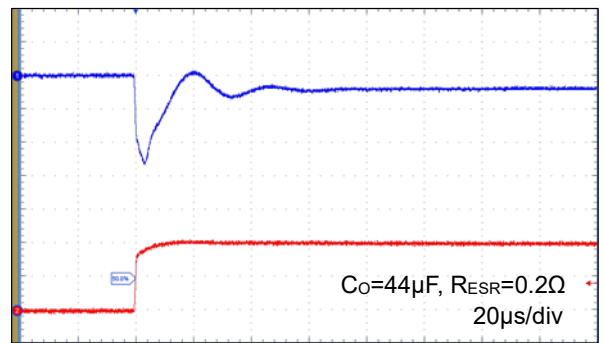


Figure 15. 位相マージン = 38deg

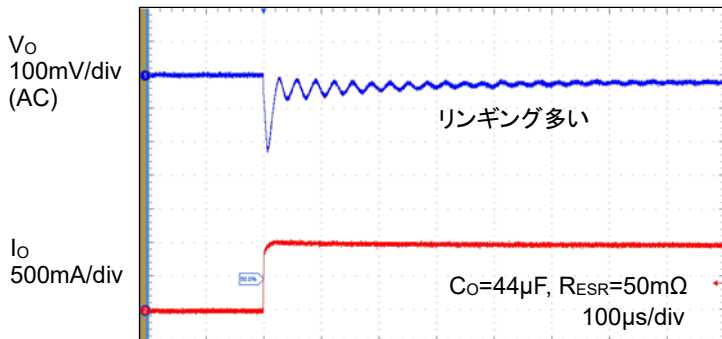


Figure 13. 位相マージン = 10deg

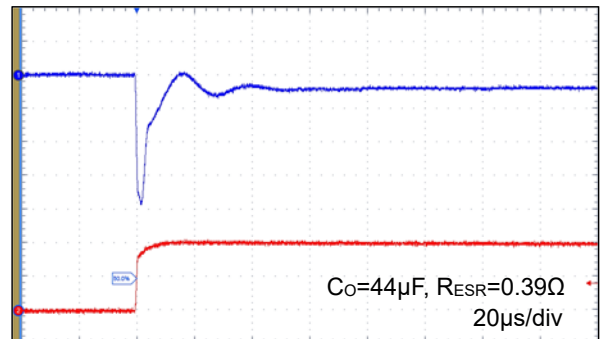


Figure 16. 位相マージン=60deg

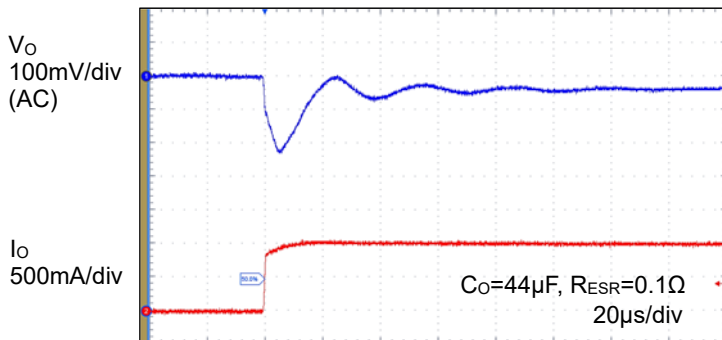


Figure 14. 位相マージン = 19deg

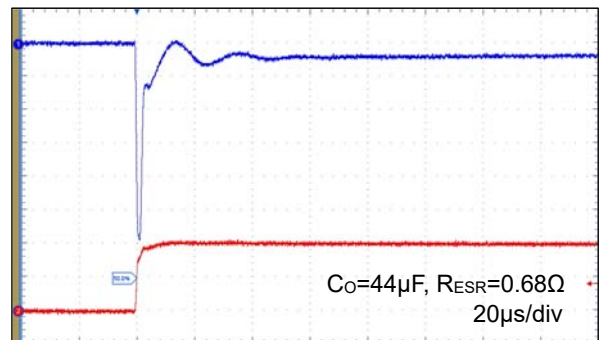


Figure 17. 位相マージン=85deg

C<sub>o</sub>=22μF 時

位相マージン	リングング周期
9.9 deg	10 以上
25 deg	6
52 deg	4
70 deg	3
82 deg	3

C<sub>o</sub>=44μF (22μF×2) 時

位相マージン	リングング周期
10 deg	10 以上
19 deg	4
38 deg	3
60 deg	3
85 deg	3

Table 1. 位相マージンとリングング周期の実験例

## 結論

実験波形より、位相マージンとステップ応答により発生したリングング周期の関連についてまとめた結果を Table 1 に示します。位相マージンを基準とした相対的な安定性で推定をおこなうと、この実験例では、リングング量が安定する 3 周期以下にする必要があると言う手掛かりが得られました。

評価者は、位相マージンとリングング周期の関連について、前段の電源インピーダンス、負荷電流の状態、使用部品の特性などによって、常にこの測定は値が変動し得ることを考慮しなければいけません。

Table 1 に示す位相マージンとリングング周期は実験例での結果ですので、これらの値は他の回路には適応できません。リングングが発生しても安定に動作することもあります。一般的にはリングングが多い場合に位相マージンが小さい可能性がありますので、この実験法は安定性の目安を得る一手段として取り扱ってください。

## 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) 本製品は、一般的な電子機器（AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器など）および本資料に明示した用途への使用を意図しています。
- 7) 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られません。
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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。
- 11) 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。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。
- 12) 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でご使用ください。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。
- 13) 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。
- 14) 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/>