

リニアレギュレータシリーズ

LDO の並列接続

LDO の出力電流容量を増やしたいときや、1 つの LDO では許容損失が不足する場合に、2 つの LDO で損失を分散したいときは、LDO を並列に接続することを考えます。このアプリケーションノートでは LDO を並列接続するときのヒントについて掲載しています。

2 つの LDO の出力同士を Figure 1 のように直接接続すると、一見損失が分散されているように見えますが、これは正しい接続方法ではありません。2 つの LDO の公称出力電圧が同じであっても出力電圧には製造バラツキがあります。この場合は出力電圧が高い方の LDO から電流が供給されます。例えば LDO1 の出力電圧が LDO2 よりも 0.5% 高い場合の出力電流の変化を Figure 2 に示します。この例では終始 LDO1 から電流が供給され、LDO2 に分散されていないことが判ります。

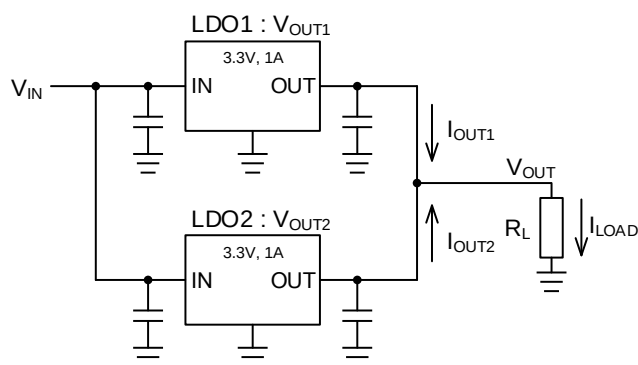


Figure 1. 2 つの LDO の出力同士を直結した回路

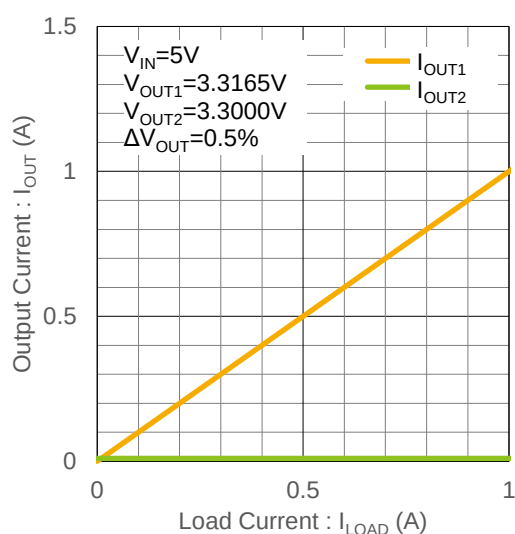


Figure 2. 出力電圧に 0.5% の差がある場合の出力電流特性

ダイオードによる並列接続

ダイオードによる並列接続を Figure 3 に示します。出力経路にダイオードがあるため出力電圧はダイオードの順方向電圧（以下 V_F ）分だけ低下します。これを見越して、LDO の設定電圧を V_F 分上げるなどの対策が必要です。また、負荷電流や温度によって V_F が変化したり、 V_F がばらついたりするため、出力電圧精度は期待できません。

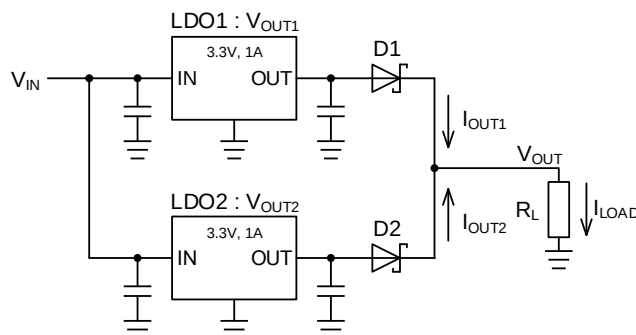


Figure 3. 2 つの LDO 出力をダイオードで接続した回路

この回路も出力電圧が高い方の LDO から電流が供給されますが、流れる電流によってダイオードの V_F が変化するため、2 つの LDO の電圧差はある程度吸収できます。出力電圧が釣り合う関係は次式で表されます。

$$V_{OUT1} - V_{F1(I_{OUT1})} = V_{OUT2} - V_{F2(I_{OUT2})} \quad (1)$$

V_{OUT1} : LDO1 の出力電圧

V_{OUT2} : LDO2 の出力電圧

$V_{F1(I_{OUT1})}$: I_{OUT1} 時の D1 の V_F

$V_{F2(I_{OUT2})}$: I_{OUT2} 時の D2 の V_F

例として、3.3V、1A 出力の LDO で、LDO2 より LDO1 の出力電圧が 1%高い場合に、各 LDO 電流がどのような配分で負荷へ供給されるかを Figure 4 に示します。負荷電流 1A のところを見ると、LDO の出力電圧差が 1%でも、電流配分は LDO1 が 0.64A、LDO2 は 0.36A と大きな差が出ます。

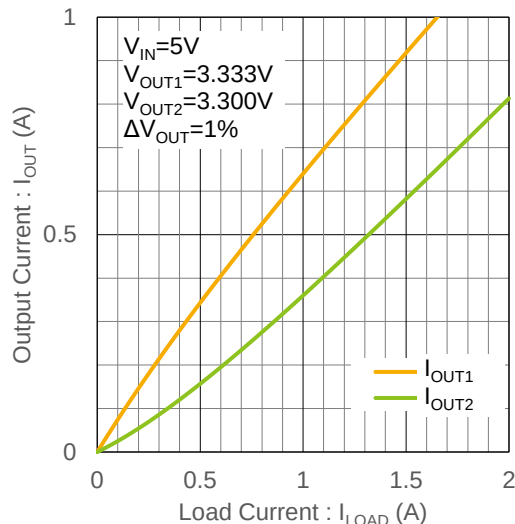


Figure 4. 出力電圧に 1%の差がある場合の出力電流特性

次に 2 つの LDO 間の出力電圧差が出力電流にあたる影響を Figure 5 に示します。このグラフは、LDO1 が LDO2 の出力電圧よりも高いときに、各 LDO の出力電流の比率を表しています。両 LDO の出力電圧が全く同じ場合は出力電流の比率は 50%（均等に電流が出力される）ですが、出力電圧差が大きくなるにつれて電流比率は大きくなって行きます。例えば、LDO1 の出力電圧が +1%、LDO2 が -1% ばらついたとすると、LDO1 は 77%、LDO2 は 23% といったアンバランスな電流出力を担うことになります。

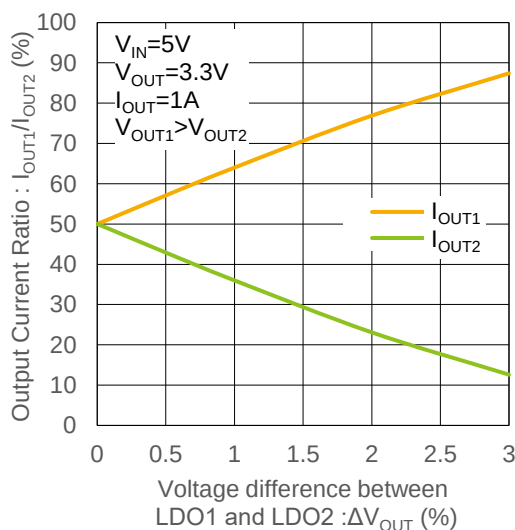


Figure 5. 出力電圧差による出力電流比率への影響

Figure 6 は、各 LDO の推奨出力電流の最大値が 1A のものを使用した時に、LDO 間の出力電圧差が LDO 並列回路の出力電流にあたる影響を示したグラフです。LDO 間の電圧差が全くない場合は両 LDO の電流が均等に流れるため 2A（1A+1A）の出力が可能です。LDO の出力電圧差が大きくなるにつれて、出力できる電流値は小さくなって行きます。LDO1 の出力電圧が +1%、LDO2 が -1% ばらついた場合は、推奨出力電流の最大値が 1A の LDO では、どちらか一方が 1A に達したところでこのシステムの最大出力電流となるので、2A の電流能力に対して 1.37A までは出力できません。

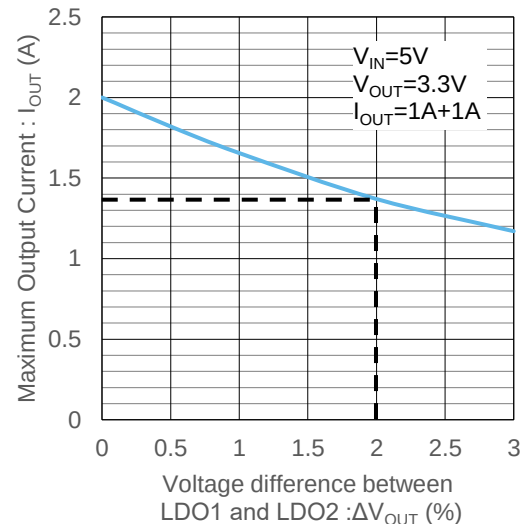


Figure 6. 出力電圧差による最大出力電流への影響

Figure 7 はロードレギュレーションのグラフです。出力電圧は LDO 出力よりも V_F 分降下し、負荷電流が増えるに従って V_F が大きくなるため、さらに降下します。

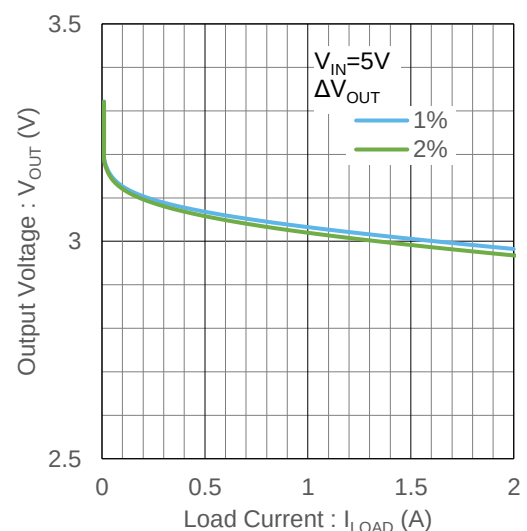


Figure 7. ロードレギュレーション

バラスト抵抗による並列接続

抵抗による並列接続を Figure 8 に示します。出力経路に抵抗があるため出力電圧は負荷電流が増えるに従って降下します。

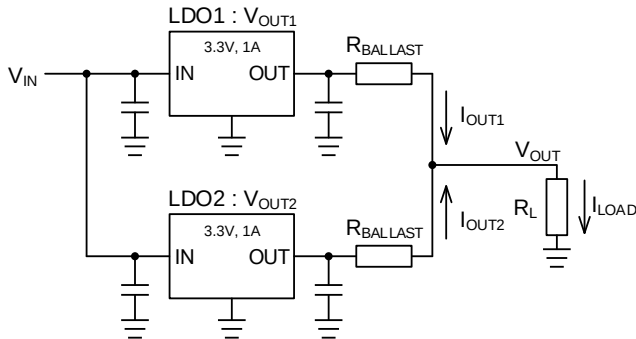


Figure 8. 2 つの LDO 出力を抵抗で接続した回路

この回路も出力電圧が高い方の LDO から電流が供給されます。電圧が高い側の LDO の出力電流がバラスト抵抗を通過し電圧降下することで、電圧が低い側の LDO 電圧と同じになると、電圧が低い側の LDO からも電流供給が始まります。このように、抵抗の電圧降下を利用して出力電圧のバランスを取りながら、各 LDO から負荷へ電流を供給します。出力電圧が釣り合う関係は次式で表されます。

$$V_{OUT1} - I_{OUT1} \times R_{BALLAST} = V_{OUT2} - I_{OUT2} \times R_{BALLAST} \quad (2)$$

V_{OUT1} : LDO1 の出力電圧 [V]

V_{OUT2} : LDO2 の出力電圧 [V]

I_{OUT1} : LDO1 の出力電流 [A]

I_{OUT2} : LDO2 の出力電流 [A]

$R_{BALLAST}$: バラスト抵抗 [Ω]

バラスト抵抗と、 I_{OUT1} 、 I_{OUT2} に分かれる電流、LDO 間の電圧差の関係は次式で表せます。

$$R_{BALLAST} = \frac{|V_{OUT2} - V_{OUT1}|}{|I_{OUT2} - I_{OUT1}|} \quad [\Omega] \quad (3)$$

但し、 $I_{OUT1} + I_{OUT2} = I_{LOAD}$

この式より、 I_{OUT1} と I_{OUT2} の電流バランスを良くしようとすると抵抗値は大きくなり、LDO 間の電圧差が大きい場合も抵抗値は大きくなります。また抵抗値が大きくなると負荷点での電圧降下が大きくなります。

例えば、3.3V、1A 出力の LDO1、LDO2 がそれぞれ +1%、-1%ば

らつくとすると、出力電圧差は 66mV (3.3V の 2%) になります。負荷電流 2A をそれぞれの LDO に 1.2A と 0.8A に振り分けようとすると、式(3)よりバラスト抵抗は 0.165 Ω になります。

各 LDO の出力電流がどのような配分で負荷へ供給されるかを Figure 9 に示します。負荷電流 0.4A までは LDO1 の電流しか流れていませんが、これは出力電圧が LDO1 のの方が高いからです。0.4A 付近でバラスト抵抗による電圧降下が 66mV ($=0.4A \times 0.165\Omega$) を超えるため、LDO1 と LDO2 の出力電圧が V_{OUT} 点で同じになるため LDO2 の電流が流れ始めます。2A 時は計算通りに 1.2A と 0.8A に振り分けられています。1A 出力の LDO を 2 つ並列接続して 2A の出力電流を得たいところですが、推奨出力電流の最大値が 1A の LDO では、どちらか一方が 1A に達したところで、このシステムの最大出力電流となるので、グラフより 1.6A になります。

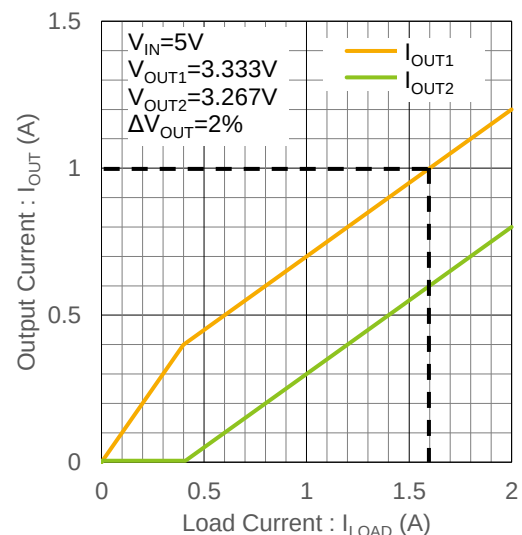


Figure 9. 出力電圧に 2% 差がある場合の出力電流特性
 $R_{BALLAST} = 0.165\Omega$

Figure 10 はロードレギュレーションのグラフです。負荷電流が増えるに従って、抵抗による電圧降下が大きくなって行きます。電圧降下は次式で計算することができます。実際の電圧降下は、この電圧に LDO 自身のロードレギュレーション電圧が加算されます。

$$V_{DROP} = V_{DIFF} + \frac{R_{BALLAST} \times I_{LOAD} - V_{DIFF}}{2} \quad [V] \quad (4)$$

V_{DIFF} : LDO1 と LDO2 の出力電圧差 [V]

$R_{BALLAST}$: バラスト抵抗 [Ω]

I_{LOAD} : 負荷電流 [A]

但し LDO1 と LDO2 の電流が両方流れている領域。

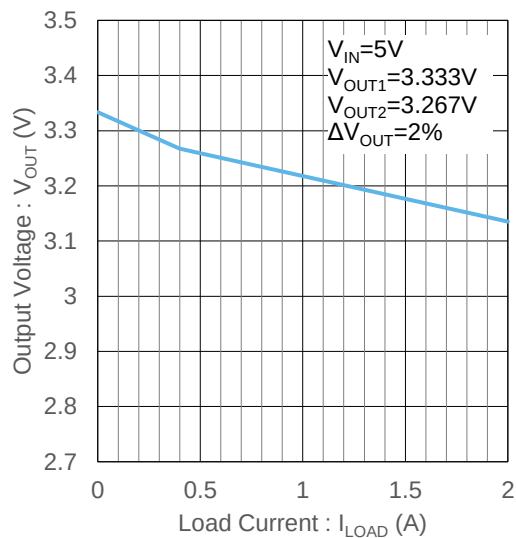


Figure 10. ロードレギュレーション

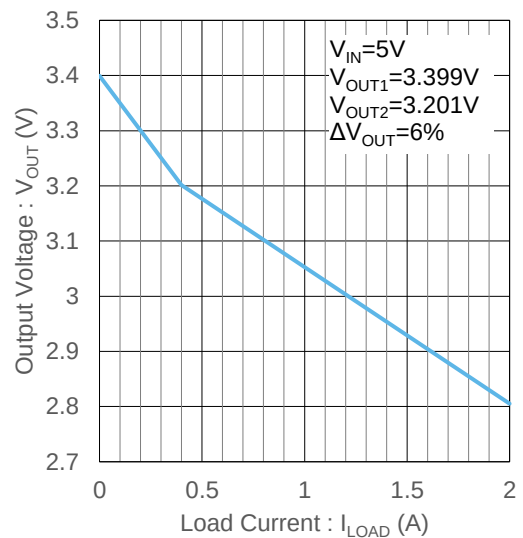
 $R_{BALLAST} = 0.165\Omega$ 

Figure 12. ロードレギュレーション

 $R_{BALLAST} = 0.495\Omega$

次に、温度特性を含めた出力電圧精度が $\pm 3\%$ ある LDO の例を示します。出力 3.3V、1A の LDO1、LDO2 がそれぞれ $+3\%$ 、 -3% ばらつくとなると、出力電圧差は 198mV (3.3V の 6%) になります。負荷電流 2A をそれぞれの LDO に 1.2A と 0.8A に振り分けようとすると、式(3)よりバラスト抵抗は 0.495Ω になります。

各 LDO の出力電流がどのような配分で負荷へ供給されるかを Figure 11 に示します。出力電圧が $\pm 1\%$ ばらついた前述の例と同じく、計算通りに電流が振り分けられています。

以上のように、各 LDO の出力電圧差、出力電流の振り分け、出力電圧降下はトレードオフの関係にあります。全ての特性のバランスを考えてバラスト抵抗の値を決める必要があります。

バラスト抵抗には出力電流が流れるため、大きな電力損失が発生します。使用する抵抗器の定格電力が仕様を満たしていることを確認してください。JEITA (RCR-2121A/B 電子機器用固定抵抗器の使用上の注意事項ガイドライン)では定格電力の 50%以下で使用することを推奨しています。

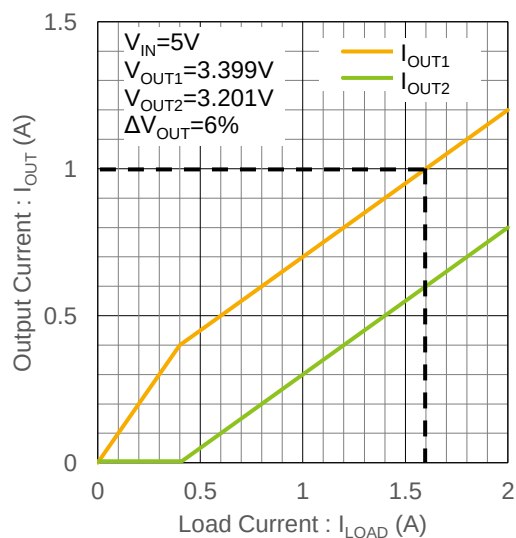


Figure 11. 出力電圧に 6% 差がある場合の出力電流特性

 $R_{BALLAST} = 0.495\Omega$

Figure 12 はロードレギュレーションのグラフです。バラスト抵抗値が大きくなった分、負荷電流による電圧降下が大きくなっています。

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。
- 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でご使用ください。
お客様に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/>