

LDO の負荷過渡応答と改善方法

概要

本資料では、ロードロップアウトレギュレータ（以下 LDO）の負荷過渡応答*の動作原理を説明し、あわせて負荷過渡応答の改善方法について説明します。

また可変電圧タイプにおける外付け位相補償容量（CFB）による負荷過渡応答改善効果も説明します。

*：負荷過渡応答：負荷電流（出力電流）が急変した場合に出力電圧を一定に保とうとする挙動

目次

概要	1
1. はじめに	3
2. LDO の負荷過渡応答の重要性	4
2.1. LDO の負荷過渡応答の概要とその半導体部品に与える影響について	4
2.2. LDO の負荷過渡応答の動作原理	5
2.2.1. 負荷急増の場合の負荷過渡応答原理	5
2.2.2. 負荷急減の場合の負荷過渡応答原理	7
3. LDO の負荷過渡応答改善方法	9
3.1. 出力コンデンサ C_{OUT} による負荷過渡応答の改善	9
3.2. 出力電圧可変タイプにおける外付け位相補償容量 C_{FB} による負荷過渡応答の改善	11
4. 負荷過渡応答改善のまとめ	12
4.1. 電源 N チャンネル MOS 出力 LDO: TCR5BM/8BM と TCR15AG の負荷過渡応答特性	12
4.1.1. 2 電源 N チャンネル MOS 出力 LDO の負荷過渡応答特性	12
4.2. 2 電源 LDO TCR5BM シリーズと TCR15AG シリーズの負荷過渡応答波形	13
4.2.1. 500mA 2 電源 LDO TCR5BM12 の負荷過渡応答波形	13
4.2.2. 1.5A 2 電源 LDO TCR15AGADJ の負荷過渡応答波形	13
5. まとめ	14
6. 関連リンク	15
7. 製品取り扱い上のお願ひ	16

1. はじめに

ますます高性能化されるモバイル機器やその他の電子機器には、その高性能/高機能を実現するためにさまざまな半導体部品（電子デバイス）が使用されています。それら半導体部品はおのおの違った電源電圧で動作していますが、モバイル機器などではバッテリーなど1つの電圧から幾つかのリニアレギュレータ（以下 LDO）を用いて数種の電圧を生成し、それを各半導体部品に電源として供給しています。高性能半導体部品が高速動作をする場合には大きな動作電流を必要とする場合がありますが、その動作電流は非常に短い時間で急激に増減することがあります。このような場合でも、LDO は、高性能を実現する半導体部品が正常に動作するために安定した電源電圧を供給しなければいけません。

LDO の負荷となる半導体部品の動作電流の急変に対して LDO が安定した出力電圧を生成する動作、または出力電圧の変動を抑えるように動作する挙動を負荷過渡応答といいます。この負荷過渡応答は昨今の LDO に厳しく要求される性能であり、LDO の最重要性能項目の1つとなっています。そこで、本資料では LDO が負荷過渡応答する場合の動作原理を解説し、また外付け部品による改善方法についても説明することによって、高性能電子機器設計の一助となることを目的としています。

2. LDO の負荷過渡応答の重要性

2.1. LDO の負荷過渡応答の概要とその半導体部品に与える影響について

図 2.1.1 に一般的な P チャネル MOS 出力 LDO の簡易回路図を、図 2.1.2 に負荷電流に対する出力電圧の応答波形例を示します。

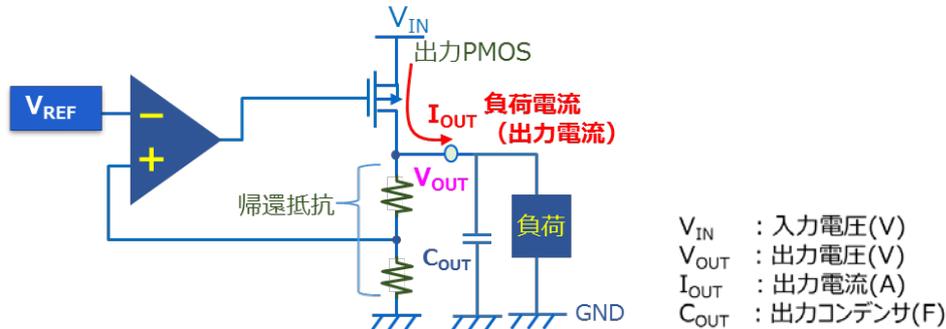


図 2.1.1 一般的な P チャネル MOS 出力 LDO の簡易回路図

LDO の出力に接続される負荷（電子デバイスなど）の状態が、例えば高速動作/非動作の間で急峻に切り替わる場合、その電子デバイスは自己の動作電流を急激に増減させます。この電子デバイスの動作電流の増減は、その供給元である LDO の負荷電流が急激に変化することになります。この時、LDO の出力電圧 V_{OUT} は理想的にはその値を一定に保つことが望ましいのですが、実際は LDO 内部回路の動作速度の限界（伝達関数）により急激な負荷変動に対応できず、出力電圧 V_{OUT} が変動してしまいます。そして、一定時間後 LDO の負帰還動作が追従することによって出力電圧 V_{OUT} が所望の規定値に戻ります。LDO 出力の負荷変動による挙動、つまり LDO の負荷過渡応答は一般的に下記のようになります(図 2.1.2 参照)。

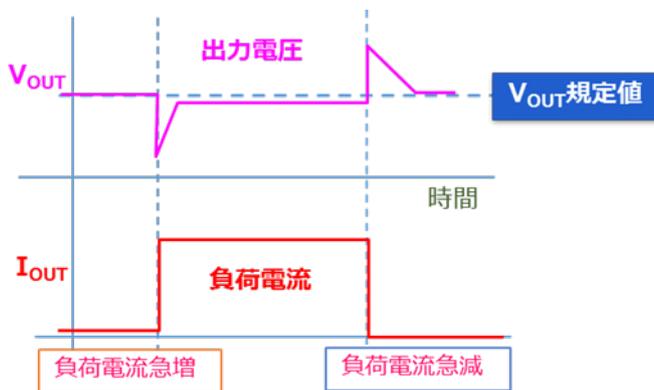


図 2.1.2 負荷電流に対する出力電圧の応答波形例

- ・負荷電流が急増 : 出力電圧 V_{OUT} が降下した後、LDO の負帰還動作で規定の V_{OUT} 値に戻る
 - ・負荷電流が急減 : 出力電圧 V_{OUT} が上昇した後、LDO の負帰還動作で規定の V_{OUT} 値に戻る
- ※実際は負荷電流の定常値によって出力電圧に若干の高低差が生じます（ロードレギュレーション）

このように LDO 出力電圧の負荷電流急変に伴う変動は基本的には補正されますが、LDO の負荷である昨今の電子デバイスは動作電源電圧が低い傾向にあるため、LDO 出力電圧の瞬間的な小さい変動にも非常に敏感であり、そのため LDO 出力電圧変動が小さくても電子デバイスが誤動作や不具合を起こす可能性があります。例えば 1V の電源電圧で動作する電子デバイスの場合、LDO 出力電圧の変動が 0.1V であっても、電子デバイスが動作しなくなる可能性があり、電

子機器全体の不具合につながってしまいます。従って、LDO の出力電圧の変動は極力小さくすることが要求されます。

以下より、電子機器における LDO の負荷変動の影響を極力小さくするために LDO の負荷過渡応答を理解し、それに基づいた LDO 出力電圧変動の改善（負荷過渡応答の改善）を解説致します。

2.2. LDO の負荷過渡応答の動作原理

以下に、LDO の出力 V_{OUT} に接続される負荷（電子デバイスなど）の電流が急変したときの LDO の動作を説明します。以下の説明では、出力コンデンサ C_{OUT} は使用しないものとします。

2.2.1. 負荷急増の場合の負荷過渡応答原理

■なぜ負荷電流急増では出力電圧が下がるの？

まずは負荷電流が急増する場合を考えます（図 2.2.1～2.2.3 参照）。

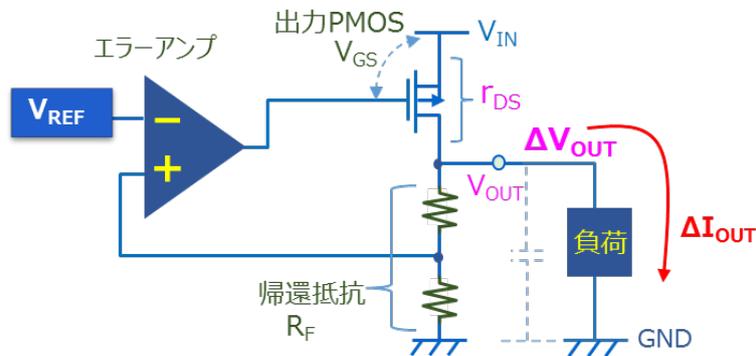


図 2.2.1 一般的な P チャンネル MOS 出力 LDO の簡易回路図

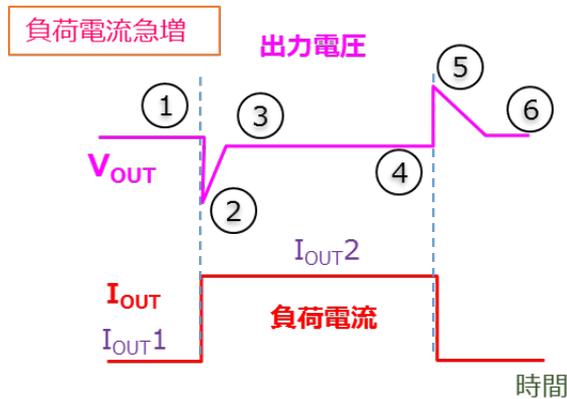


図 2.2.2 負荷過渡応答波形

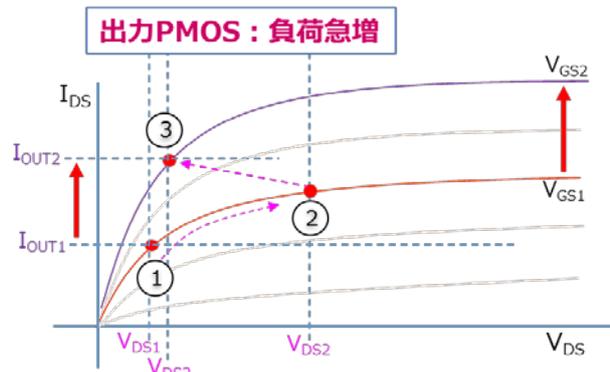


図 2.2.3 出力 P チャンネル MOS の V_{DS} - I_{DS} 特性

LDO の負荷電流が一定 (I_{OUT1}) で、LDO 出力電圧 V_{OUT} が安定している状態(図中①)にあるとします。この時、出力 P チャンネル MOS のドレイン-ソース間電圧を V_{DS1} 、ゲート-ソース間電圧を V_{GS1} とします。次に、負荷電流が I_{OUT2} に急増した場合、その瞬間は LDO の負帰還動作が追従できず LDO 出力電圧が大きく降下します（図中②）。これは LDO の出力 P チャンネル MOS の V_{GS1} が一定で、増加した負荷電流 I_{OUT2} を流すために出力 P チャンネル MOS の V_{DS1} が V_{DS2} に増加することと等価と言えます。この V_{DS2} は、後述するように、負荷のインピーダンスと帰還抵抗 R_F 、出力 P チャンネル MOS の出力抵抗 r_{DS} の合成インピーダンスと負荷電流の変動値 ΔI_{OUT} の積で決まる値です。この出力 P チャンネル MOS の V_{DS} が変化する過程で、LDO の負帰還動作が負荷変動に追従し始め、その負帰還の効果によって出力 P チャ

ネル MOS の V_{GS1} が V_{GS2} に増加し、最終的に LDO は急増した出力電流 I_{OUT2} を流すようになります。LDO が負荷電流 I_{OUT2} を供給できる状態になった時点で出力電圧の降下が止まり、ここから負帰還動作によって V_{DS2} がほぼ V_{DS1} に近い V_{DS3} に、すなわち出力電圧 V_{OUT} がほぼ元の規定値に戻ります（図中③）。

※定常状態となっても、最初の状態（負荷電流 I_{OUT1} ）から負荷電流が I_{OUT2} に増えているので、出力電圧は元の値から若干下がります（その差は $V_{DS3} - V_{DS1}$ ）。

■ 出力電圧はどれくらい下がるの？

では、負荷電流が急増した場合、LDO 出力電圧はどれくらい下がるのでしょうか？ 負荷電流が急増する極めて短い時間では、LDO の負帰還が追従できない状態になっているため、LDO の出力インピーダンス Z_{OUT} は負帰還による低減効果がなく、下式となります（図 2.2.4 参照）。

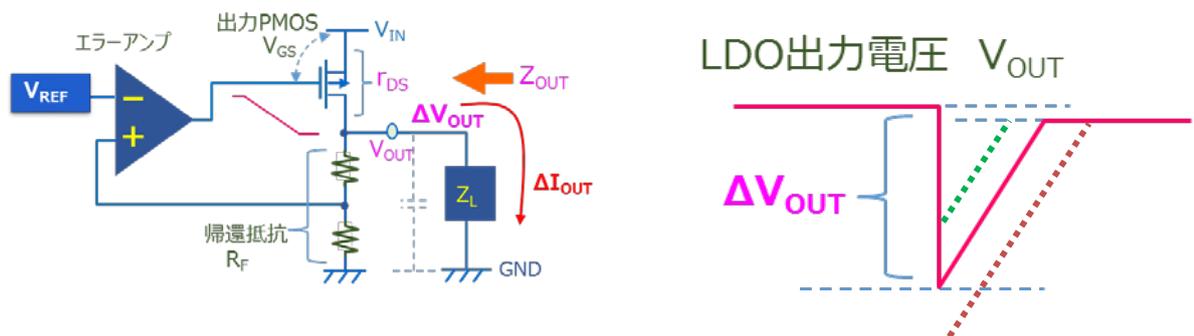


図 2.2.4 負荷急増時の LDO の出力電圧波形例

$$Z_{OUT} = r_{DS} // R_F // Z_L$$

これは、出力 P チャネル MOS の出力抵抗： r_{DS} と帰還抵抗： R_F 、負荷インピーダンス： Z_L の並列からなる合成インピーダンスを意味しています。また、負荷電流の急増分： ΔI_{OUT} 、出力電圧の変動分： ΔV_{OUT} とします。LDO の負帰還動作が追従できないような極めて短い時間に負荷電流が ΔI_{OUT} だけ変化した場合、基本的には下式で表される分だけ出力電圧が降下します（ ΔV_{OUTMAX} ）。

$$\Delta V_{OUTMAX} = (r_{DS} // R_F // Z_L) \cdot \Delta I_{OUT}$$

この時、その出力電圧の降下に対する誤差電圧をエラーアンプが出力し、その電圧で出力 P チャネル MOS が駆動され始めると出力 P チャネル MOS が負荷電流の増加分に対応することが可能となり、出力電圧の降下を止めます。しかし、エラーアンプの出力にはエラーアンプ内の位相補償容量や出力 P チャネル MOS のゲート容量が存在するため、エラーアンプ出力電圧の変化に時間が掛かります。これをエラーアンプのスルーレートと言います。このエラーアンプ出力電圧の変化に要する時間が短い場合（スルーレートが速い場合）は上記の ΔV_{OUTMAX} に達する前に LDO が出力電圧の降下を止めることができます。しかし、出力 P チャネル MOS が急増した負荷電流を流すまでに時間が掛かる場合（スルーレートが遅い場合）は、LDO 出力は上記の ΔV_{OUTMAX} まで下がってしまいます。このように、急激な負荷変動に対する LDO の対応能力、つまり負荷過渡応答は LDO の出力電圧の安定に非常に重要な性能であることが分かります。

2.2.2. 負荷急減の場合の負荷過渡応答原理

■なぜ負荷電流急減では出力電圧が上がるの？

次に負荷電流が急減する場合を考えます（図 2.2.5～2.2.6 参照）。

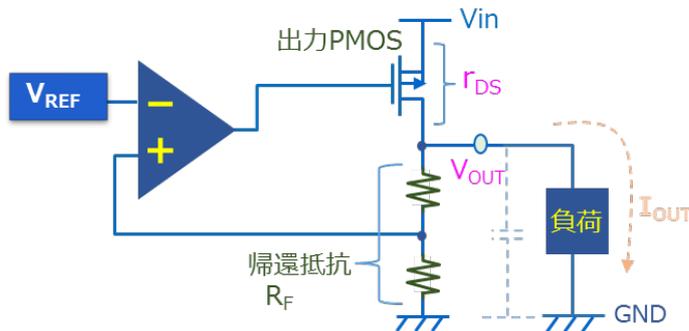


図 2.2.5 一般的な P チャンネル MOS 出力 LDO の簡易回路図

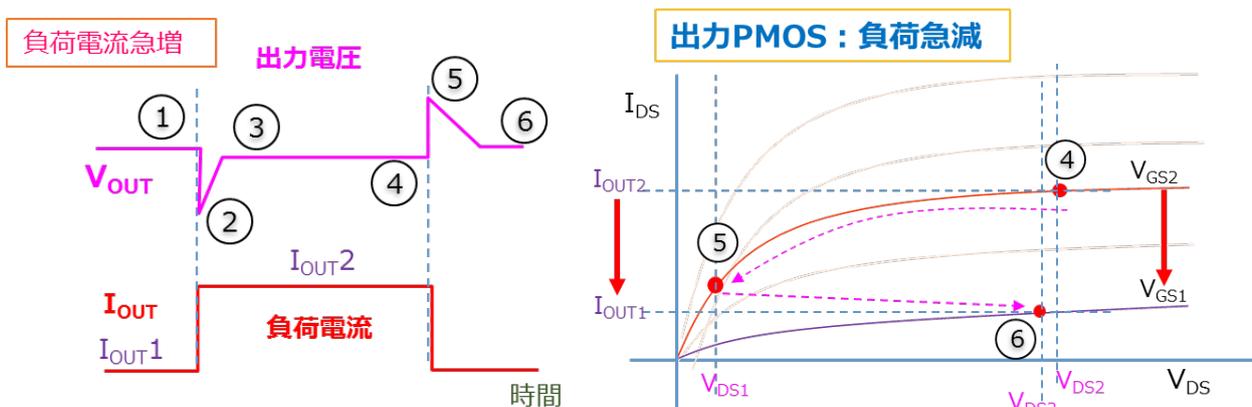


図 2.2.6 その負荷過渡応答波形、出力 P チャンネル MOS の V_{DS} - I_{DS} 特性

LDO の負荷電流が一定 (I_{OUT2}) で、LDO 出力電圧 V_{OUT} が安定している状態（図中 4）であるとして、この時、出力 P チャンネル MOS のドレイン-ソース間電圧を V_{DS2} 、ゲート-ソース間電圧を V_{GS2} とします。次に、負荷電流が I_{OUT1} に急減した場合、その瞬間は LDO の負帰還動作が追従できず LDO 出力電圧が上昇します（図中 5）。これは LDO の出力 P チャンネル MOS の V_{GS2} が一定で、減少した負荷電流 I_{OUT1} を流すために出力 P チャンネル MOS の V_{DS2} が V_{DS1} に減少することと等価であると言えます。この V_{DS1} は、前述の負荷急増時と同様に、負荷のインピーダンスと帰還抵抗 R_F 、出力 P チャンネル MOS の出力抵抗 r_{DS} の合成インピーダンスと負荷電流の変動値 ΔI_{OUT} の積で決まる値です。

■出力電圧はどれくらい上がるの？

この出力 P チャンネル MOS の V_{DS} が変化する過程で、LDO の負帰還動作が負荷変動に追従し始めるので、その負帰還の効果によって出力 P チャンネル MOS の V_{GS2} が V_{GS1} に減少し、最終的に LDO の出力電流は急減した出力電流 I_{OUT1} と一致します。LDO が負荷電流 I_{OUT1} を流す状態になった時点で出力電圧の上昇が止まり、ここから負帰還動作によって V_{DS1} がほぼ V_{DS2} (V_{DS3}) に、すなわち出力電圧 V_{OUT} がほぼ元の規定値に戻ります（図中 6）。

※定常状態となっても、最初の状態（負荷電流 I_{OUT2} ）から負荷電流が I_{OUT1} に減っているので、

出力電圧は元の値から若干上がります（その差は $V_{DS2} - V_{DS3}$ ）。

この負荷急減時にどれくらい LDO 出力電圧が上昇するかは前述の負荷急増の場合と同じく、LDO の負帰還が追従でき

ない状態における出力インピーダンス Z_{OUT} と出力電流の変化分 ΔI_{OUT} で決まります。また、LDO 内部のスルーレートに依存した LDO の負帰還動作もまた同様で、急減した負荷電流と出力 P チャンネル MOS の出力電流が一致するまでスルーレートに依存した時間を要します。

負荷変動が急峻で LDO の負帰還動作が追従できない場合は、最大で負荷電流の変動分と LDO の負帰還が追従できない状態における出力インピーダンス Z_{OUT} で決まる出力電圧変動が発生しますが、以上のように、LDO 出力に出力コンデンサ C_{OUT} がない状態では、LDO の出力インピーダンス Z_{OUT} が一般的に大きいため、少しの負荷変動でも LDO 出力が GND や電源電圧まで達してしまうなど、非常に大きい出力変動となってしまいます。これを防ぎ、負荷過渡応答を改善するためには出力コンデンサ C_{OUT} がとても有効です。次に、出力コンデンサ C_{OUT} を導入した場合の負荷過渡応答の改善効果について説明致します。

3. LDO の負荷過渡応答改善方法

3.1. 出力コンデンサ C_{OUT} による負荷過渡応答の改善

前述のとおり、出力コンデンサ C_{OUT} がない場合の負荷過渡応答は非常に悪くなり、そのため LDO 出力電圧の変動が非常に大きくなる傾向にあります。これは、LDO 出力電圧変動が、負荷電流の変化分と LDO のオープンループ状態における大きな出力インピーダンスとの積になるからです。これより、急峻な負荷変動に対して LDO の出力電圧変動を小さくするためには LDO の出力インピーダンスを小さくすればよいことが分かります。それを実現するためには LDO 出力に出力コンデンサ C_{OUT} を付けることが有効で、負荷変動に対する出力電圧の変動抑制に効果を発揮します。以下に出力コンデンサ C_{OUT} の効果の説明をします。

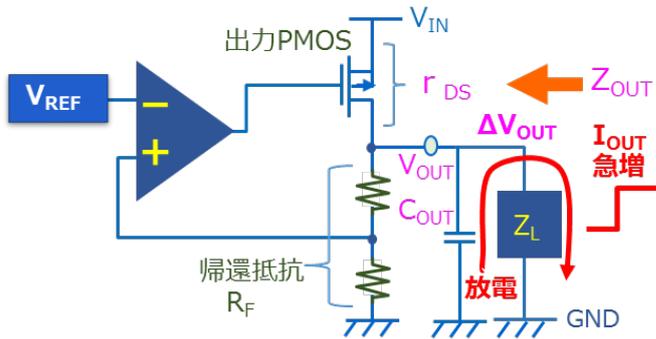


図 3.1.1 出力コンデンサ C_{OUT} がある場合の負荷急増に対する負荷過渡応答

図 3.1.1 のように負荷電流 I_{OUT} が急変したとします（図 3.1.1 は急増の場合）。以前の説明では、増加した負荷電流は出力 P チャネル MOS のみが供給する動作でしたが、出力コンデンサ C_{OUT} がある場合、急峻に増加した負荷電流は LDO の負帰還動作が働かない間は出力コンデンサ C_{OUT} から供給されます。その結果、出力コンデンサ C_{OUT} が負荷電流によって放電されることになるので、出力コンデンサ C_{OUT} の容量値と負荷電流急変の変動値によって出力電圧 V_{OUT} が下がることになります。このことを以下に説明します。

出力コンデンサ C_{OUT} がある場合の LDO の出力インピーダンス Z_{OUT} は下式になります。

$$Z_{OUT} = r_{DS} // R_F // Z_L // Z_{COUT}$$

ここで、Z_{COUT} は出力コンデンサのインピーダンスです（コンデンサの等価直列抵抗 R_{ESR} も含みます）。今、負荷のインピーダンスと LDO 内の帰還抵抗 R_F がその他のインピーダンスより大きいと仮定して無視すると LDO 出力インピーダンスは下式になります。※ s はラプラス演算子

$$Z_{OUT} = \frac{r_{DS} \left(\frac{1}{sC_{OUT}} + R_{ESR} \right)}{r_{DS} + \left(\frac{1}{sC_{OUT}} + R_{ESR} \right)} = \frac{\frac{1}{sC_{OUT}} + R_{ESR}}{1 + \left(\frac{1}{sC_{OUT}} + R_{ESR} \right) / r_{DS}}$$

さらに、出力 P チャネル MOS の出力抵抗 r_{DS} は、今ここで議論しているような急峻な負荷変動における出力コンデンサ C_{OUT} のインピーダンスよりも高くなるため、無視することが出来ます。例えば負荷変動が 1 μs の遷移時間を持つ場合、周波数的には少なくとも 250 kHz 以上の変動になります。出力コンデンサ C_{OUT} が 1 μF である場合、周波数 250kHz に対する出力コンデンサのインピーダンスは 0.64Ω と非常に小さい値になります。LDO が電源電圧 2 V、出力電圧 1 V、出

力電流 200mA の場合、出力 P チャネル MOS の出力抵抗 r_{DS} は 5 Ω となるので、この値は出力コンデンサのインピーダンスに対して十分高いと言えます。また、出力コンデンサの等価直列抵抗 R_{ESR} を一般的な 10m Ω 未満とすると、出力コンデンサのインピーダンスに対して一桁小さい値であるので、これも無視できます。以上を考慮すると、LDO の出力インピーダンスはほぼ出力コンデンサ C_{OUT} のインピーダンス Z_{COUT} で決まると言えます。

$$Z_{OUT} \cong \frac{1}{sC_{OUT}} = Z_{COUT}$$

前述のとおり、急峻な負荷変動における LDO 出力電圧の変動は負荷電流の変化分と LDO 出力インピーダンスの積となりますが、 $CV=IT$ (C:コンデンサ容量値、V:コンデンサに発生する電圧、I:コンデンサに流れる電流、T:その電流が流れる時間) の関係式を用いると、LDO 出力の変動分は下式で概算できます。

$$\Delta V_{OUT} = \frac{\Delta I_{OUT} \cdot T}{C_{OUT}}$$

では上式の時間 T は何の時間を指すのでしょうか？

この時間は、前述のように、LDO の出力電圧が変動した直後からエラーアンプがスルーレートに依存する速さで誤差電圧を出力し、その誤差電圧によって出力 P チャネル MOS が変動した負荷電流と一致した出力電流を流せるようになるまでの時間、つまり帰還が追従し始めるまでの時間です。この時間 T はエラーアンプのドライブ能力、エラーアンプ出力に存在する容量値 (位相補償コンデンサ、出力 P チャネル MOS のゲート容量)、出力 P チャネル MOS の相互コンダクタンスで決まります。

※なお、上記の LDO 出力電圧の負荷変動 ΔV_{OUT} の式は簡略化された概算の式です。

もし正確な LDO 出力の負荷変動値を計算したい場合は LDO 内部回路の伝達関数を正確に導出する必要があります。

3.2. 出力電圧可変タイプにおける外付け位相補償容量 C_{FB} による負荷過渡応答の改善

LDO には、LDO 内部で出力電圧値が決まる固定電圧タイプと、外付け抵抗で決まる可変電圧タイプがあります。
(図 3.2.1 参照)

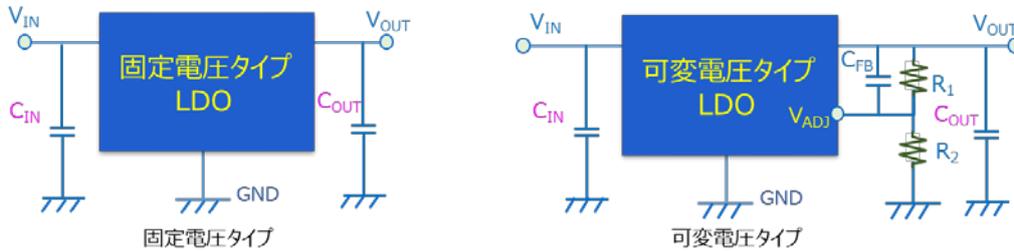


図 3.2.1 LDO 固定電圧タイプ/可変電圧タイプ

図 3.2.1 の右側に外付け抵抗 (R_1 、 R_2) で出力電圧を決定できる可変電圧タイプの LDO 示します。
この LDO の出力電圧は下式で決まります。

$$V_{OUT} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{ADJ}$$

C_{FB} がない状態でも弊社の LDO は問題なく正常動作しますが、アプリケーションによって発振しやすい場合などには外付けコンデンサ C_{FB} を抵抗 R_1 と並列に接続します。本来このコンデンサ C_{FB} は位相補償容量として使用しますが、負荷過渡応答改善にも効果的です。下の図 3.2.2 に示すように、負荷電流が急増した case を考えます。前述のとおり、負荷急変時に LDO 出力変動を抑えるには LDO 出力に出力コンデンサ C_{OUT} をつけることが非常に効果的です。急増したほとんどの負荷電流は高い周波数でインピーダンスが低い出力コンデンサ C_{OUT} に流れるので（出力コンデンサ C_{OUT} を放電する）LDO 出力電圧の変動が小さくなりますが、それでもある程度の変動が生じます。一方、図 3.2.3 に示すように、外付け抵抗 R_1 にコンデンサ C_{FB} が並列に接続されていると、高い周波数では C_{FB} の効果によって外付け抵抗 R_1 がショートされるため、LDO 出力変動が減衰せず負帰還端子 V_{ADJ} に伝達されます。この場合、LDO 内部のエラーアンプはより大きい誤差信号を出力するので、その大きい誤差電圧で駆動される出力 P チャネル MOS はより多くの出力電流を流します。その結果、急増した負荷電流に LDO が迅速に対応できるので LDO 出力電圧変動をより抑制することが出来ます。

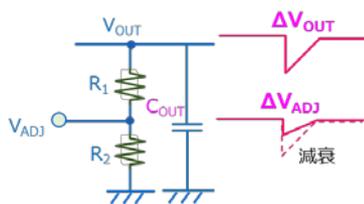


図 3.2.2 C_{FB} がない場合の LDO 出力電圧変動

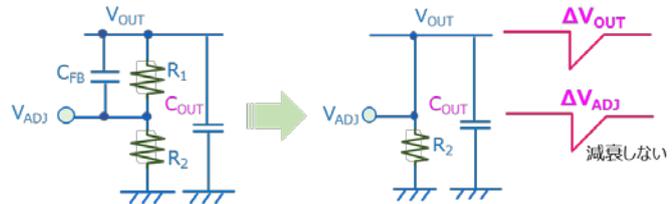


図 3.2.3 C_{FB} がある場合の LDO 出力電圧変動

4. 負荷過渡応答改善のまとめ

3.1 の出力電圧変動分 (ΔV_{OUT}) の式より、出力コンデンサ C_{OUT} の値を大きくすればするほど負荷急変時の LDO 出力電圧変動を抑えることができます。しかし、出力コンデンサ C_{OUT} の値を大きくすると LDO 出力電圧の立ち上がり時に流れるインラッシュ電流が増加しますので注意が必要です。また、同式より、帰還が追従し始めるまでの時間 T が短いほど LDO 出力電圧の変動が小さくなることも分かります。この時間 T を短くするためにはエラーアンプの電流を増やす、出力 P チャネル MOS を小さくしてそのゲート容量を小さくする、またエラーアンプ内の位相補償容量を小さくするなどの設計方法が考えられますが、それぞれの施策には消費電流増加やドロップアウト電圧の増加、発振耐性の低下などがトレードオフになります。弊社の LDO はそれらをバランス良く最適設計し、消費電流を抑制し、またドロップアウト特性などを保ちつつ、さらに発振を起こすことなく、高速の負荷過渡応答を実現しています。

4.1. 電源 N チャネル MOS 出力 LDO: TCR5BM/8BM と TCR15AG の負荷過渡応答特性

4.1.1.2 電源 N チャネル MOS 出力 LDO の負荷過渡応答特性

弊社の 2 電源 N チャネル MOS 出力 LDO の簡易回路図を図 4.1.1 に示します。

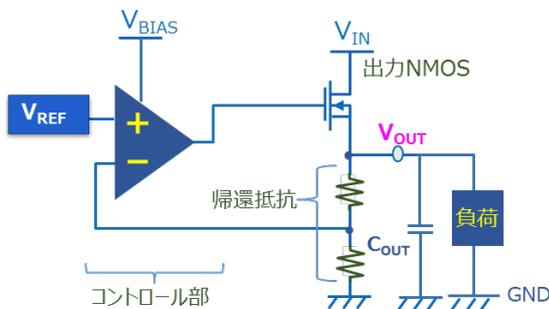


図 4.1.1 弊社 2 電源 N チャネル MOS 出力 LDO の簡易回路図

弊社の 2 電源 N チャネル MOS 出力 LDO は、図 4.1.1 に示すように、コントロール部に与える電源電圧と出力 NMOS に与える電源電圧を V_{BIAS} と V_{IN} として独立に印加することが出来ます。この場合、コントロール部の電源電圧 V_{BIAS} を高くすることで出力 NMOS のゲート電圧を高くし、ドロップアウト特性を大きく改善することが出来ます。これまで解説した負荷過渡応答の動作原理も 2 電源 N チャネル MOS 出力 LDO に適用できますが、急峻な負荷変動に対して負帰還が追従できない場合の LDO の出力インピーダンスは下式のようになります (g_m : 出力 N チャネル MOS の相互コンダクタンス)。そして、ここでも高周波では出力コンデンサ C_{OUT} の低いインピーダンスが支配的になるため、負荷電流が急変した場合の LDO 出力インピーダンスは下式になります。

$$Z_{OUT} = \frac{1}{g_m + sC_{OUT}} \cong \frac{1}{sC_{OUT}}$$

以下に 2 電源 N チャネル MOS 出力 LDO : TCR5BM/8BM と TCR15AG の負荷過渡応答特性波形を示します。

4.2.2 電源 LDO TCR5BM シリーズと TCR15AG シリーズの負荷過渡応答波形

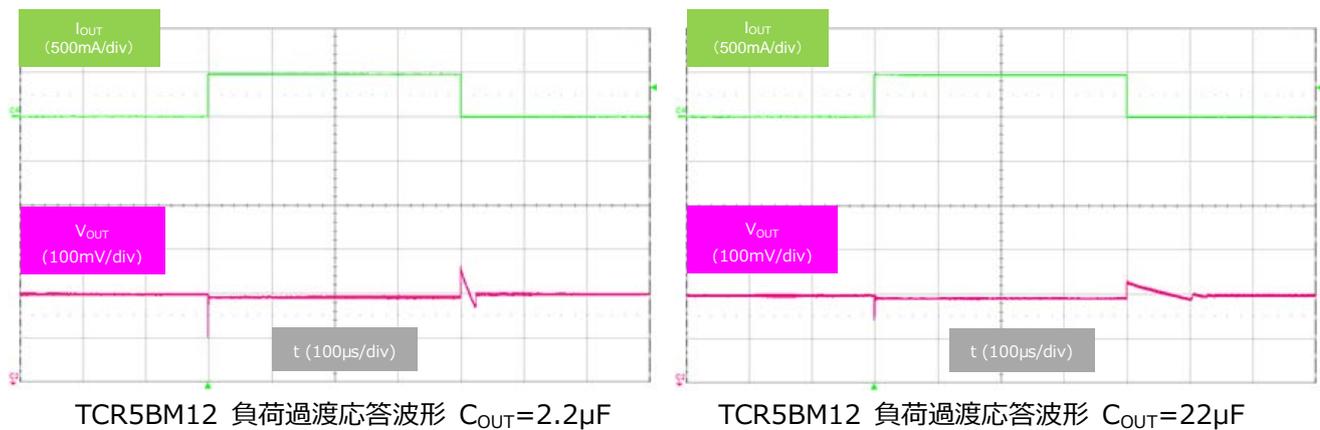
代表的な負荷応答として弊社 500mA LDO TCR5BM シリーズと TCR15AG シリーズの実測波形を以下に示します。

4.2.1. 500mA 2 電源 LDO TCR5BM12 の負荷過渡応答波形

これまで説明してきたとおり、TCR5BM12 では C_{OUT} の増加 ($2.2\mu\text{F} \Rightarrow 22\mu\text{F}$) により負荷電流変化時の電圧変化を約半分抑えることが可能です。以下の結果は、1mA-500mA の負荷電流変化が約 $1\mu\text{s}$ 間に発生することを想定していますが、電流変化幅がより小さい場合や、電流変動が $1\mu\text{s}$ より遅い場合は以下で示す負荷過渡応答より電圧変動は小さくなります。

評価条件: $V_{IN}=1.35\text{V}$, $V_{BIAS}=3.3\text{V}$, $V_{OUT}=1.2\text{V}$, $C_{IN}=1\mu\text{F}$, $C_{BIAS}=0.1\mu\text{F}$

$I_{OUT}=1\text{mA}-500\text{mA}-1\text{mA}$ ($t_r=t_f=\text{約 } 1\mu\text{s}$)



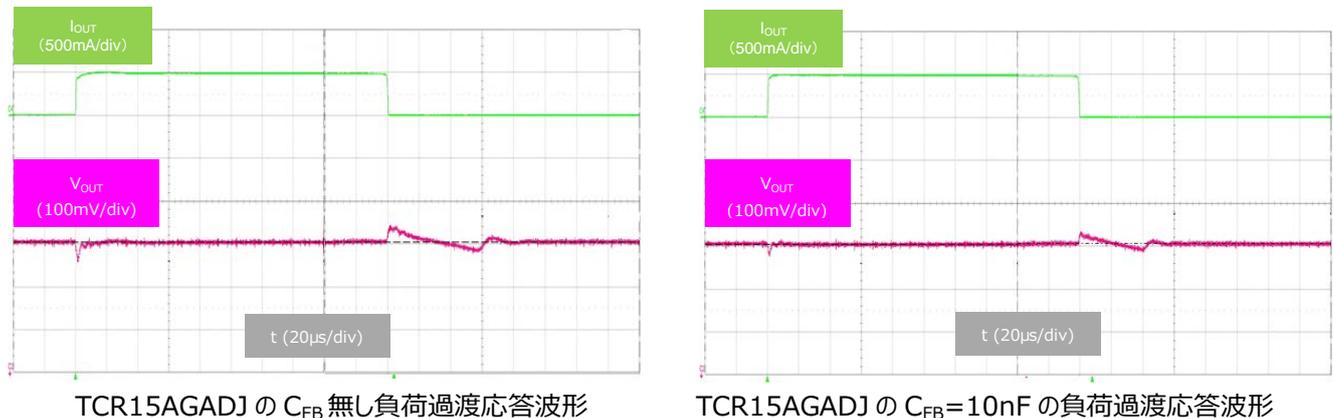
4.2.2. 1.5A 2 電源 LDO TCR15AGADJ の負荷過渡応答波形

出力電圧可変タイプの 1.5A LDO TCR15AGADJ では C_{FB} の追加により C_{OUT} 容量が同じでも負荷電流変化時の電圧変化をより小さく抑えることが可能です。また、その他の良い効果として、リップル圧縮度 (PSRR) の性能も向上できます。以下の結果は、10mA-500mA の負荷電流変化が約 $1\mu\text{s}$ 間に発生することを想定していますが、電流変化幅がより小さい場合や、電流変動が $1\mu\text{s}$ より遅い場合は以下で示す負荷過渡応答より電圧変動は小さくなります。

評価条件: $V_{IN}=1.35\text{V}$, $V_{BIAS}=3.3\text{V}$, $V_{OUT}=1.2\text{V}$ ($R_1=24\text{k}\Omega$, $R_2=24\text{k}\Omega$)

$C_{IN}=10\mu\text{F}$, $C_{BIAS}=0.1\mu\text{F}$, $C_{OUT}=20\mu\text{F}$

$I_{OUT}=10\text{mA}-500\text{mA}-10\text{mA}$ ($t_r=t_f=\text{約 } 1\mu\text{s}$)



5. まとめ

低い電源電圧で動作する高性能半導体の電源となる LDO には、負荷電流急変時の出力電圧変動を極力小さく抑えることが厳しく要求されます。弊社の LDO は、消費電流、ドロップアウト特性、発振耐性などのバランスを上手く取りながら内部回路を最適設計することによって高速の負荷過渡応答を実現しています。負荷過渡応答改善には出力コンデンサ C_{OUT} を大きくすることが効果的で、また可変電圧タイプの LDO の場合は、外付け抵抗と並列に位相補償容量 C_{FB} を接続することによってさらなる改善が可能です。

弊社では 300mA から 1.5A まで高速の負荷過渡応答の出力 LDO ラインアップを取りそろえており、さまざまなアプリケーションに使用可能です。

負荷過渡が良い東芝 LDO レギュレータ製品

- 300mA LDO(固定タイプ) : TCR3DMのデータシートダウンロードはこちらから → [Click Here](#)
- 500mA LDO(固定タイプ) : TCR5BMのデータシートダウンロードはこちらから → [Click Here](#)
- 800mA LDO(固定タイプ): TCR8BMのデータシートダウンロードはこちらから → [Click Here](#)
- 1.3A LDO (可変タイプ): TCR13AGADJ のデータシートダウンロードはこちらから → [Click Here](#)
- 1.5A LDO (固定・可変タイプ): TCR15AG のデータシートダウンロードはこちらから → [Click Here](#)
- 1.5A LDO (可変タイプ): TCR15AG のリファレンスデザインはこちらから → [Click Here](#)

この他 LDO の使用方法については、“ロードドロップアウト(LDO)レギュレータ IC アプリケーションノート”をご覧ください。

ロードドロップアウト(LDO)レギュレータ IC アプリケーションノートはこちらから → [Click Here](#)

6. 関連リンク

- 製品のラインアップ (カタログ)
- 製品のラインアップ (詳細)
- 製品のラインアップ (パラメトリックサーチ)
- オンラインディストリビュータご購入、在庫検索
- ロードロップアウト レギュレーター IC の FAQ
- アプリケーションノート

[Click](#)[Click](#)[Click](#)[Click](#)[Click](#)

7. 製品取り扱い上のお願ひ

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。
本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。