

読めば分かる！LDO のリップル圧縮度と改善方法

概要

本資料は、リニアレギュレータの一種であるロードロップアウトレギュレータ (LDO) の入力電圧の変動と、それを原因とする出力電圧の変動比、つまりリップル圧縮度 (PSRR) の原理を解説しています。

また、その原理から PSRR の周波数特性や出力コンデンサが与える影響などを説明します。

目次

1. はじめに.....	3
2. LDO のリップル圧縮度（PSRR）の重要性とその定義.....	4
3. LDO の PSRR 周波数特性の原理	5
3.1 PSRR を決める要因	5
3.2 LDO の負帰還による出力インピーダンス Z_{OUT} の低減効果	6
3.3 LDO の周波数特性詳細	7
3.3.1 DC~数 kHz の低周波領域における PSRR.....	7
3.3.2 数 kHz~100kHz 程度の高周波領域	8
3.3.3 100kHz 程度以上の超高周波領域.....	9
3.3.4 高周波領域以上における出力コンデンサ C_{OUT} の PSRR に与える影響	10
4. LDO : 2 電源 LDO の優れたリップル圧縮度（PSRR）特性	12
5. まとめ.....	13
6. 関連リンク	14
7. 製品取り扱い上のお願ひ	15

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様々な半導体部品（電子デバイス）が使用されています。LDO の負荷であるそれら昨今の半導体部品は動作電源電圧が低い傾向にあり、またイメージセンサーなどのように電源電圧の精度や変動に敏感なデバイスも存在しています。

このようなデバイスの場合、もし LDO の出力電圧に変動があれば、それによって動作する電子デバイスの動作不良や性能の劣化を引き起こす可能性があります。従って、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なりません。LDO の出力電圧に変動を与える要因の一つとして LDO の入力電圧の変動が挙げられます。例えばその入力電圧が DC-DC コンバータから供給されている場合、DC-DC コンバータ出力に発生するスイッチングノイズ等がそのまま LDO に入力されます。LDO はこの入力電圧をもとに出力電圧を生成していますが、LDO の出力電圧には、負荷となる高性能半導体部品に悪影響を与えないために入力電圧に重畳しているリップルを極力排除して出力されることが厳しく要求されます。この入力電圧のリップルをどれだけ排除（圧縮）して出力電圧を生成できるかを示す性能をリップル圧縮度（PSRR）と言い、LDO の最重要性能項目の一つとなっています。

本資料は PSRR の原理を解説し、PSRR の周波数特性や出力コンデンサが PSRR に与える影響などを知ることによって電子機器設計における適切な LDO の選択～使用の一助となることを目的としています。

2. LDO のリップル圧縮度（PSRR）の重要性とその定義

リニアレギュレータ（LDO）とは、バッテリーや DC-DC コンバータなどが生成する直流電圧（LDO の入力電圧）を別の低い直流電圧値に変換して出力する電源デバイスです。この時、LDO への入力電圧は必ずしも理想的な直流電圧とは限らず、例えば DC-DC コンバータからの入力電圧の場合、最終的に電力が供給される電子デバイスにとって好ましくないリップル成分が重畳された電圧になっています。LDO はこのリップルを小さく圧縮して出力することが可能ですが、そのリップルの圧縮能力であるリップル圧縮度：PSRR（Power Supply Rejection Ratio）が昨今非常に重要視されて来ており、現在では従来の低い周波数だけでなく、高い周波数のリップルに対する PSRR についても厳しい性能が要求されるようになっています。従って、以下より、PSRR の周波数特性も含め、その原理を解説いたします。

LDO がその入力電圧 V_{IN} に含まれるリップルを圧縮して出力する性能：PSRR は下式で定義されます。また、図 2.1.1 に一般的な P チャネル MOS 出力 LDO の概念図と負荷電流に対する出力電圧の応答波形イメージを示します。

$$PSRR = 20 \log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} \quad (dB)$$

V_{INRPL} : LDO の入力電圧 V_{IN} のリップル成分

V_{OUTRPL} : LDO の出力電圧 V_{OUT} のリップル成分

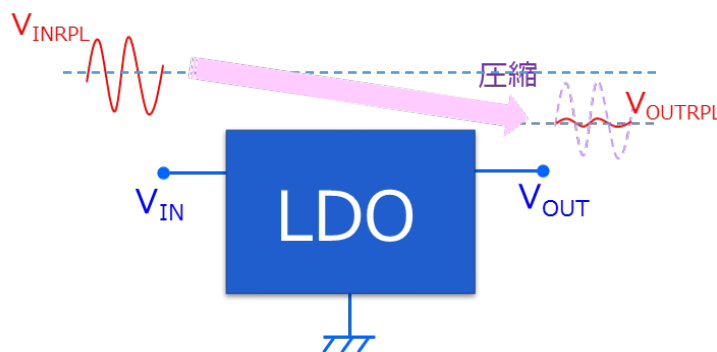


図 2.1.1 LDO の入力電圧リップル圧縮イメージ

以下の 3.3 より、LDO の PSRR の原理を

- ・DC～数 kHz の低周波領域
- ・数 kHz～100kHz 程度の高周波領域
- ・100kHz 程度以上の超高周波領域

に分けて説明しますが、それに先立ち、PSRR の基本的な考え方をまず次章から説明いたします。

3. LDO の PSRR 周波数特性の原理

3.1 PSRR を決める要因

LDO の PSRR はどういふ要因で決まるのでしょうか。まずは下の図 3.1.1 に示す一般的な LDO の回路図を見てください。もし出力 PMOS のゲート電圧が V_{IN} リップル : V_{INRPL} と同じリップル成分を持つのであれば、出力 PMOS のゲート電圧が V_{IN} と一定の電位差を保って揺れることとなりますので基本的に出力 PMOS は V_{IN} リップル起因の出力電流を流しません。理論計算によると出力 PMOS のゲート電圧と入力電圧 V_{IN} は同じリップル成分を持つことが示されますので、上記の状態が成立し、この場合 V_{IN} リップル成分は LDO の出力インピーダンス Z_{OUT} (負帰還が掛かった低いインピーダンス) と出力 PMOS の出力抵抗 r_{DS} で分圧されて出力に現れることとなります。従って、下式のように、この分圧比が PSRR を決めます。

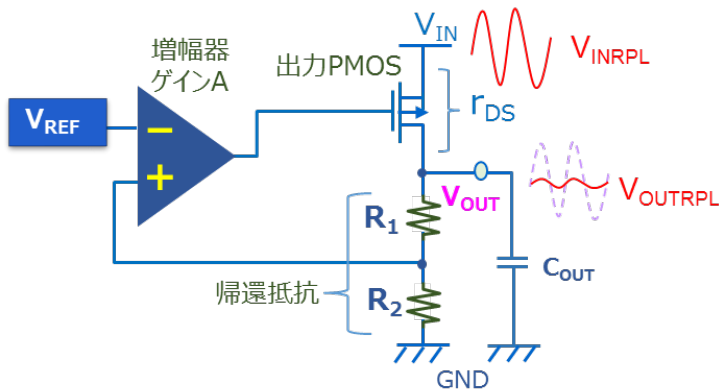


図 3.1.1 LDO の一般的な回路図と PSRR

$$\text{PSRR の基本定義式 : } PSRR = 20 \log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20 \log \frac{Z_{OUT} + r_{DS}}{Z_{OUT}} \quad (dB)$$

また、LDO 出力インピーダンス Z_{OUT} は負帰還によって低い値となっていますが (後述の Z_{OFB})、その低い LDO 出力インピーダンスを実現するために必要な要素である LDO 内部の増幅器のゲインが周波数特性を持っているため、PSRR も周波数依存性を持ちます。これを含め、以下に LDO の PSRR 特性がどのように決まっているのかを説明いたします。

3.2 LDO の負帰還による出力インピーダンス Z_{OUT} の低減効果

LDO は下の図 3.2.1 のように出力電圧 V_{OUT} を電圧のまま入力側に戻す電圧-電圧帰還（直列並列帰還）です。この負帰還の効果によって出力電圧を一定に保つのですが、負帰還のもう一つの効果として出力インピーダンス Z_{OUT} が低くなることが挙げられます。

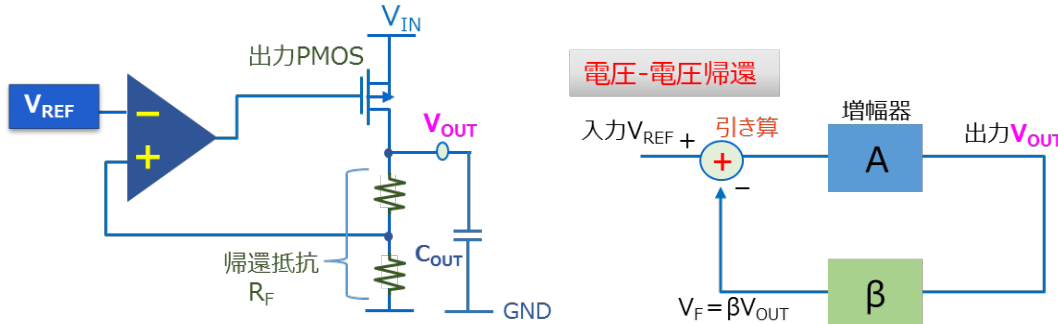


図 3.2.1 一般的な LDO 回路図とその負帰還の形式

その出力抵抗は、下の図 3.2.2 ように出力にテスト信号 V_T を入力することで計算でき、負帰還を掛けない場合の出力抵抗 R_{OUT} が約 $1/A\beta$ に小さくなることが示されます（ A : LDO 内部増幅器のゲイン、 β : 帰還率）。

【 出力インピーダンス 】

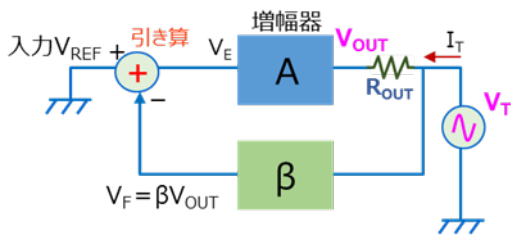


図 3.2.2 負帰還による出力インピーダンス計算回路

無帰還時の LDO 出力抵抗 : R_{OUT}

$$\text{エラー電圧 } V_E : V_E = -\beta V_{OUT} = -\beta V_T$$

$$\text{出力電圧 } V_{OUT} : V_{OUT} = A V_E = -A\beta V_T$$

$$\text{テスト電流 } I_T : I_T = \frac{(V_T - V_{OUT})}{R_{OUT}} = \frac{(V_T + A\beta V_T)}{R_{OUT}} = \frac{V_T(1 + A\beta)}{R_{OUT}}$$

以上より、負帰還が掛かった出力インピーダンス Z_{OFB} は

$$Z_{OFB} = \frac{V_T}{I_T} = \frac{R_{OUT}}{(1 + A\beta)}$$

となります。負帰還システムの増幅器のゲイン A は通常 100dB 程度と大きいため、出力インピーダンス Z_{OFB} は増幅器がもともと持っている出力インピーダンス R_{OUT} の 10 万分の 1 未満と、非常に小さい値になります。これを考慮した PSRR の式を以下に示します。

$$PSRR = 20 \log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20 \log \frac{Z_{OFB} + r_{DS}}{Z_{OFB}} = 20 \log \left(1 + \frac{r_{DS}}{Z_{OFB}} \right) \text{ (dB)}$$

この PSRR の式を見れば分かる通り、出力インピーダンス Z_{OFB} が出力 PMOS の出力抵抗 r_{DS} より大幅に小さければ、PSRR の値が良くなることが分かります。しかしここで注意が必要です。上式の出力インピーダンス Z_{OFB} に含まれる、LDO 内の増幅器のゲインは周波数特性を持っており、高周波領域でそのゲインが低下します。従って、負帰還による出力インピーダンスの低減効果は高周波領域で低下し、それに伴って PSRR も高周波領域で悪化することになります。

以下より、PSRR の周波数特性について考察していきます。

3.3 LDO の周波数特性詳細

前述の通り、LDO の PSRR は周波数特性を持っており、一般的に低周波領域では PSRR が良く、高周波領域で悪くなります（図 3.3.1）。

以下の説明では、周波数領域を大きく以下の三つの領域に分けて説明します。

- ・DC～数 kHz の低周波領域（以下、低周波領域）
- ・数 kHz～100kHz 程度の高周波領域（以下、高周波領域）
- ・100kHz 程度以上の超高周波領域（以下、超高周波領域）

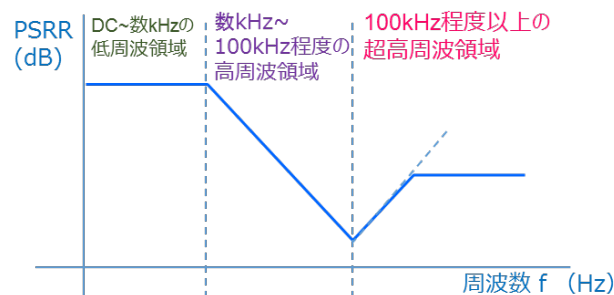


図 3.3.1 LDO の PSRR の一般的な特性（イメージ）

PSRR がなぜこのような周波数特性を持つかを以下に説明します。

3.3.1 DC～数 kHz の低周波領域における PSRR

図 3.3.2 に出力コンデンサ C_{OUT} を含めた LDO の簡易回路図を示します。

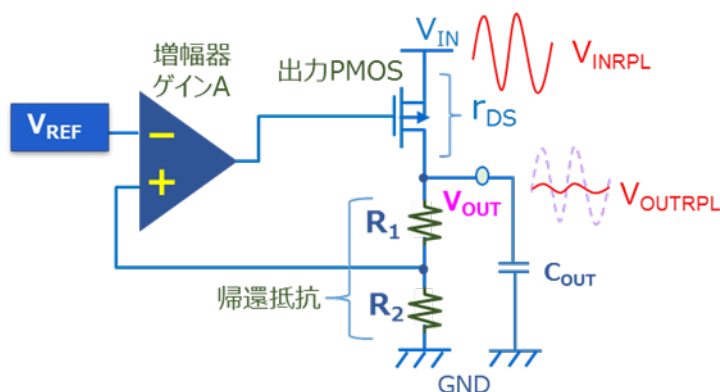


図 3.3.2 出力コンデンサ C_{OUT} を含めた LDO の簡易回路図

低周波領域における PSRR は、3.1 の議論と同様に、 V_{IN} リップルを負帰還の掛かった LDO の出力インピーダンス Z_{OFB} と出力 PMOS の出力抵抗 r_{DS} で分圧した値になります（LDO 内部のアンプゲインが低周波で一定であるため）。

$$PSRR = 20 \log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20 \log \frac{Z_{OFB} + r_{DS}}{Z_{OFB}} \quad (dB)$$

低周波領域の場合、上式は低周波を考慮した以下のパラメータで構成されます。

$$\text{負帰還が掛かった出力インピーダンス: } Z_{OFB} = \frac{Z_{OUT}}{(1+A\beta)}$$

$$\begin{aligned} \text{負帰還が掛かっていない場合の LDO 出力インピーダンス: } Z_{OUT} &= r_{DS} // Z_{CO} // (R_1 + R_2) = r_{DS} // \frac{Z_{CO}(R_1+R_2)}{Z_{CO}+(R_1+R_2)} \\ &\cong r_{DS} // R_1 + R_2 \end{aligned}$$

出力コンデンサ C_{OUT} のインピーダンス（等価直列抵抗 ESR : R_{ESR} 含む） : Z_{CO}

LDO 内部増幅器の直流ゲイン : A

$$\text{負帰還の帰還率 : } \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

PSRR の式を変形すると以下ようになります。ここでは帰還抵抗 R_1+R_2 は出力 PMOS の出力抵抗 r_{DS} より通常はかなり大きい値とするため無視できます。

$$\begin{aligned} PSRR &= 20\log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20\log \frac{Z_{OFB}+r_{DS}}{Z_{OFB}} = 20\log \frac{\frac{Z_{OUT}}{(1+A\beta)}+r_{DS}}{\frac{Z_{OUT}}{(1+A\beta)}} = 20\log \frac{\frac{r_{DS}/R_1+R_2}{(1+A\beta)}+r_{DS}}{\frac{r_{DS}/R_1+R_2}{(1+A\beta)}} \quad (dB) \\ &\cong 20\log \frac{\frac{r_{DS}}{(1+A\beta)}+r_{DS}}{\frac{r_{DS}}{(1+A\beta)}} \cong 20\log A\beta \end{aligned}$$

この式から、低周波領域における LDO の PSRR は非常に高い値になることが分かります。例えば、LDO 内増幅器の直流ゲインを 100dB、帰還率 $\beta=0.5$ とすると PSRR は約 94dB になります。

3.3.2 数 kHz~100kHz 程度の高周波領域

高周波領域における PSRR は、低周波領域と同じく、基本的に V_{IN} リップルを負帰還の掛かった出力インピーダンス Z_{OFB} と出力 PMOS の出力抵抗 r_{DS} で分圧した値になりますが、この時、LDO 出力インピーダンス Z_{OFB} を決める LDO 内部の増幅器のゲインが周波数特性を持っているため、LDO の出力インピーダンスが周波数と共に低下します。この場合、図 3.3.1 に示したように、このゲインの低下に伴って PSRR も変化（悪化）してしまいます。

以下にこの場合の PSRR を説明します。

低周波領域から高周波領域に移る周波数、またその周波数からやや高い周波数までは基本的に低周波領域の PSRR の式が使えます。この領域では出力コンデンサ C_{OUT} の効果は周波数的にまだないものとします。低周波領域の PSRR と違うのは、増幅器のゲイン A が周波数特性を持つことで、それを反映させた式は下式となります。

$$PSRR = 20\log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20\log \frac{Z_{OFB}+r_{DS}}{Z_{OFB}} \cong 20\log \frac{\frac{r_{DS}}{(1+A\beta)}+r_{DS}}{\frac{r_{DS}}{(1+A\beta)}} \cong 20\log \frac{\frac{1}{(A\beta)}+1}{\frac{1}{(A\beta)}} \Rightarrow 20\log \left(1 + \frac{A}{1+\frac{s}{p}}\beta\right)$$

ここで p を LDO 内部増幅器のカットオフ周波数、 $s (=j\omega)$ をラプラス演算子とします。上式から、周波数が高くなればなるほど PSRR が悪化することが判ります。さらに、高周波領域における比較的高い周波数（図 3.3.1 の超高周波領域との境界）での PSRR を考察します。

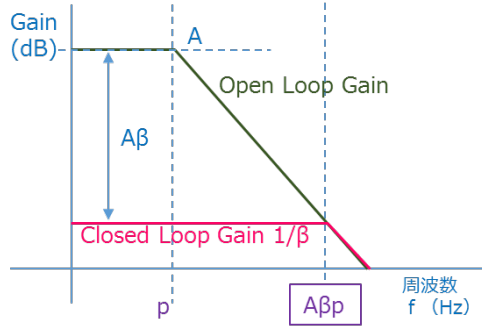


図 3.3.3 LDO の Open Loop Gain と Closed Loop Gain の関係

図 3.3.3 に LDO の Open Loop（開ループ） Gain と Closed Loop（閉ループ） Gain の関係を示します。負帰還の理論によると、負帰還を掛けた時の閉ループ特性のカットオフ周波数は開ループ時に対して $A\beta$ 倍、つまり $A\beta p$ になります。この周波数は上記の超高周波領域との境界あたりと考えられます。LDO の入力電圧リップルの周波数が上記の $A\beta p$ (Hz) になった場合の PSRR は、上式から

$$PSRR|_{s=A\beta p} = 20\log\left(1 + \frac{A\beta}{1 + \frac{A\beta p}{p}}\right) = 20\log\left(1 + \frac{A\beta}{1 + A\beta}\right) \cong 20\log\left(\frac{A\beta}{A\beta} + 1\right) = 20\log(1 + 1) = 6dB$$

となることが分かります。

3.3.3 100kHz 程度以上の超高周波領域

図 3.3.1 における超高周波領域では、出力コンデンサ C_{OUT} のインピーダンス Z_{CO} （等価直列抵抗 ESR : R_{ESR} 含む）が支配的になっており、PSRR は下式で表されます。

$$PSRR = 20\log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20\log \frac{Z_{CO} + r_{DS}}{Z_{CO}} = 20\log \frac{\frac{1}{sC_{OUT}} + R_{ESR} + r_{DS}}{\frac{1}{sC_{OUT}} + R_{ESR}} \quad (dB)$$

出力コンデンサ C_{OUT} の容量成分インピーダンスが等価直列抵抗 R_{ESR} より大きい周波数領域では PSRR は下式となります。

$$PSRR = 20\log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20\log \frac{Z_{CO} + r_{DS}}{Z_{CO}} = 20\log \frac{\frac{1}{sC_{OUT}} + r_{DS}}{\frac{1}{sC_{OUT}}} = 20\log(1 + sC_{OUT}r_{DS}) \quad (dB)$$

最終的に出力コンデンサ C_{OUT} 容量成分のインピーダンスがゼロになる周波数以上では、出力コンデンサの等価直列抵抗 R_{ESR} が支配的になりますので、PSRR は下式のように基本的に周波数依存性は示さなくなります。

$$PSRR = 20\log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20\log \frac{Z_{CO} + r_{DS}}{Z_{CO}} = 20\log \frac{R_{ESR} + r_{DS}}{R_{ESR}} \quad (dB)$$

以上を図 3.3.4 に示します。

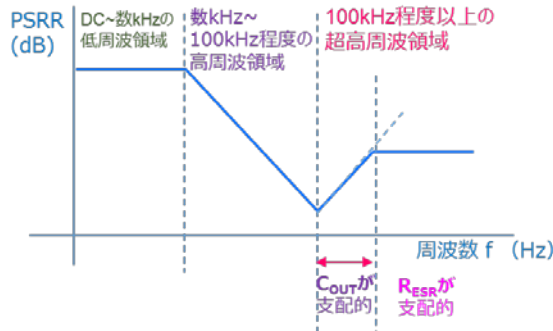


図 3.3.4 超高周波領域における出力コンデンサ C_{OUT} が支配的な領域と等価直列抵抗 R_{ESR} が支配的な領域
このように PSRR の周波数特性が決まっています。

3.3.4 高周波領域以上における出力コンデンサ C_{OUT} の PSRR に与える影響

出力コンデンサ C_{OUT} には、純粋なコンデンサとして周波数に応じた値を示すインピーダンス（容量成分）と、その容量成分のインピーダンスが高い周波数でほとんどゼロになり等価直列抵抗 R_{ESR} が支配的となる領域があります。まず容量成分が支配的な高周波領域～超高周波領域の境界あたりの周波数において、出力コンデンサ C_{OUT} の容量値が PSRR にどう
いう影響を与えるかを考えます。

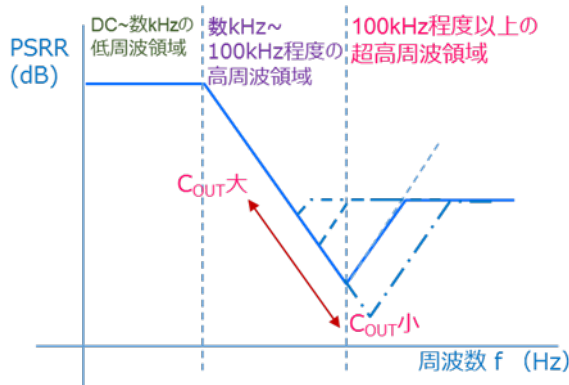


図 3.3.5 容量成分が支配的な高周波数領域～超高周波領域の境界あたりにおける容量値が PSRR に与える影響

再度、容量成分が支配的な領域における PSRR の式を示します。

$$PSRR = 20\log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20\log \frac{\frac{1}{sC_{OUT}} + r_{DS}}{\frac{1}{sC_{OUT}}} = 20\log(1 + sC_{OUT}r_{DS}) \quad (dB)$$

この式より、出力コンデンサ C_{OUT} が大きければ大きいほど PSRR が良くなることが分かります。図 3.3.5 を見ると分かるように、高周波領域において PSRR が悪化する過程で、出力コンデンサ C_{OUT} が大きいと比較的低い周波数で容量成分によるインピーダンスがより小さくなりますので（ sC_{OUT} が大きくなる）、比較的周波数が低いところから PSRR の回復が始まり、良好な PSRR が維持できます。一方、出力コンデンサ C_{OUT} が小さい場合は比較的高い周波数まで PSRR が回復することなく悪化し続けます。※等価直列抵抗 R_{ESR} が一定と仮定します

次に等価直列抵抗 R_{ESR} の影響を考えます。

図 3.3.6 に超高周波領域における PSRR の等価直列抵抗 R_{ESR} の影響の特性を示します。

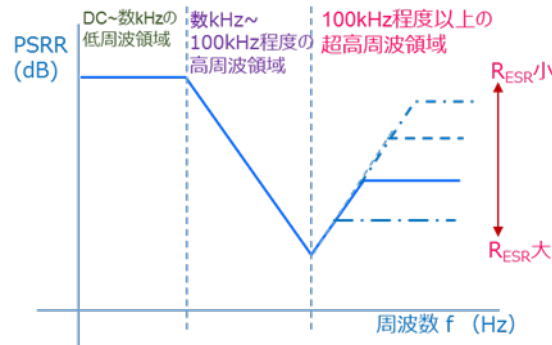


図 3.3.6 超高周波領域における PSRR の等価直列抵抗 R_{ESR} の影響

高い周波数において出力コンデンサ C_{OUT} の容量成分によるインピーダンスがゼロになった場合の PSRR の式を再度示します。

$$PSRR = 20 \log \frac{V_{INRPL}}{V_{OUTRPL}} = 20 \log \frac{Z_{CO} + r_{DS}}{Z_{CO}} = 20 \log \frac{R_{ESR} + r_{DS}}{R_{ESR}} = 20 \log \left(1 + \frac{r_{DS}}{R_{ESR}} \right) \quad (dB)$$

この式が示すように、超高周波領域における PSRR は等価直列抵抗 R_{ESR} が小さければ小さいほど良くなることが分かります。このことを図 3.3.6 に示しています。※出力コンデンサ C_{OUT} は一定と仮定します

以上より、PSRR を改善するためには極力大きい容量値と小さい等価直列抵抗 R_{ESR} を持った出力コンデンサ C_{OUT} を使うことが有効です。しかし出力コンデンサ C_{OUT} を大きくすると、LDO の出力電圧 V_{OUT} が立ち上がる時のインラッシュ電流の増加や、場合によっては発振の恐れがありますので、十分注意が必要です。また等価直列抵抗 R_{ESR} が小さい場合も発振耐性が低くなるので、注意が必要です。

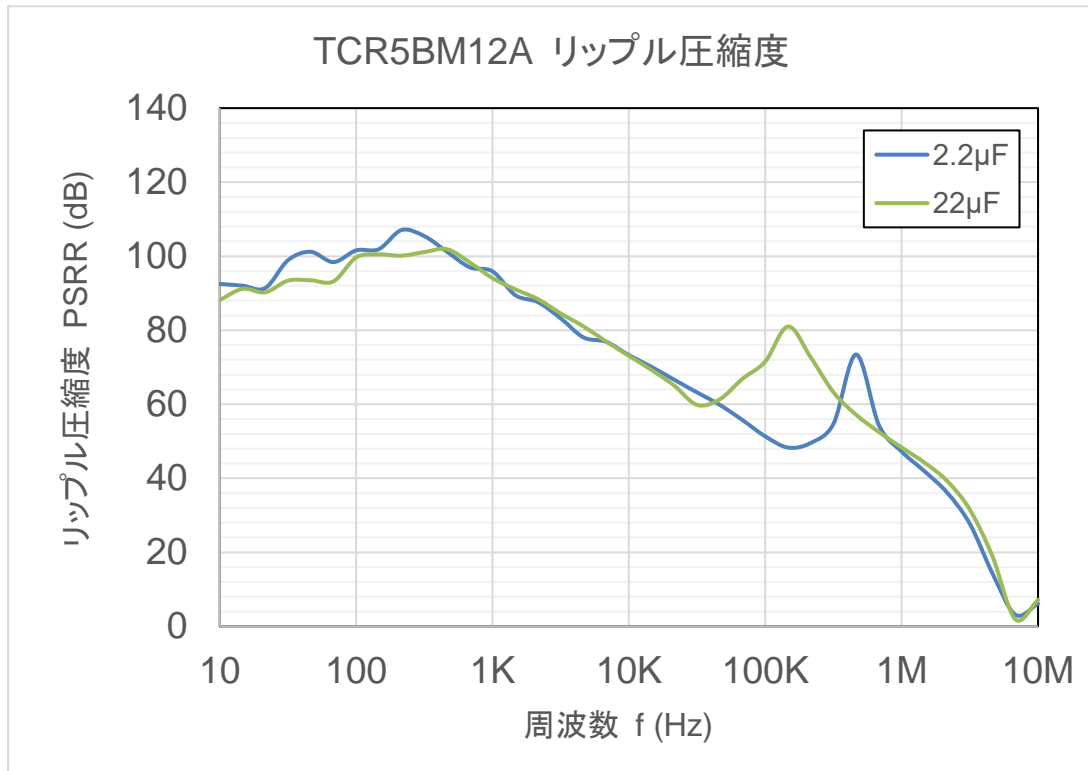
また、図 3.3.5、3.3.6 は原理的な動作を解説するための簡易的な図ですが、実際は LDO 内外の寄生成分（インダクタンス成分、リアクタンス成分）によって、特に 100 kHz 程度以上の超高周波領域において PSRR の周波数特性が複雑な波形を示します。

4. LDO : 2 電源 LDO の優れたリップル圧縮度 (PSRR)特性

以下に弊社の代表的な LDO である 2 電源 500mA LDO TCR5BM シリーズの PSRR の特性を示します。

本製品は高いリップル圧縮度 (RR,PSRR)を特長としております。C_{OUT}=2.2 μ F⇒22 μ F により 100kHz 前後の低い周波数から PSRR の回復が始まり、さらに良好な PSRR が実現可能です。

TCR5BM12A 評価条件 : V_{IN}= 1.35V, V_{BIAS}=3.3V, C_{IN}= OPEN, C_{OUT}= 2.2/22 μ F, I_{OUT}= 10mA
使用コンデンサ : 村田製作所製



5. まとめ

以上より、現在 PSRR は高い周波数まで良好な特性を厳しく要求される性能であり、LDO の選択の重要な基準の一つとなっています。アプリケーションにおいて PSRR を改善する場合は極力大きい容量値と低い等価直列抵抗 R_{ESR} を持つ出力コンデンサが C_{OUT} を使うことが有効ですが、インラッシュ電流や発振などの特性も考慮して決める必要があります。LDO は PSRR の良いものを使うことが好ましいのですが、その反面、そのような LDO は内部増幅器の直流ゲインが高く、また周波数特性も良いため、発振耐性が比較的 low、消費電流が大きくなる傾向があります。

弊社の LDO は PSRR とその他の特性のバランスを最適化した設計をしており、非常に使いやすい LDO になっています。

リプル圧縮度 (PSRR) が良い東芝 LDO レギュレータ製品

- 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い

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사용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。