

# TOSHIBA

e-ラーニング

## LDOの基礎

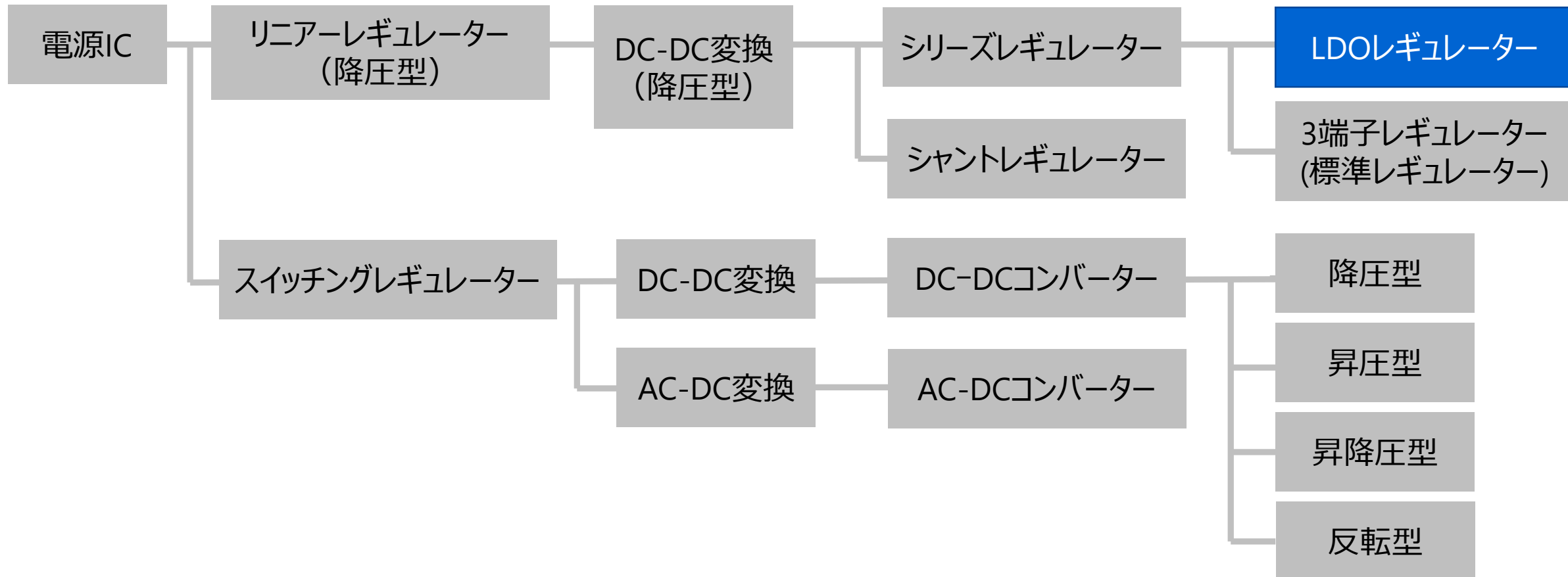
東芝デバイス&ストレージ株式会社

# 1章 LDOとは

# 電源ICの種類

入力された直流電圧を所望の直流出力電圧へ変換するDC-DC変換用と、入力された交流電圧を所望の直流電圧へ変換するAC-DC変換用に大別されます。

DC-DC変換用の電源ICは、リニアレギュレーターとDC-DCコンバーターと呼ばれるスイッチングレギュレーターに分類され、LDOレギュレーターはリニアレギュレーター内のシリーズレギュレーターの1種類となります。



# リニアレギュレーターとスイッチングレギュレーターのメリットとデメリット

リニアレギュレーターとスイッチングレギュレーターには次のようなメリットとデメリットがあります。

	リニアレギュレーター	スイッチングレギュレーター
降圧制御	可	可
昇圧制御	不可	可
昇降圧制御	不可	可
反転制御	不可	可
部品点数	少ない	多い
設計の難易度	簡単	複雑
入力電圧と出力電圧の電圧差	小さい (注1)	大きい
出力電圧のリップル	小さい	大きい
ノイズ (EMIなど)	小さい	大きい
発熱	多い (注2)	少ない

注1: LDOLレギュレーターを使用した場合。ただし、使用条件によって異なります。

注2: LDOLレギュレーターの使用条件によって発熱は小さい場合もあります。

## LDOLレギュレーターとは?

低飽和型レギュレーターをLDOLレギュレーターと呼びます。

LDOとはLow Dropoutの略で、LDOLレギュレーターは入力電圧と出力電圧間の電位差が小さいリニア型の電源ICに分類されます。

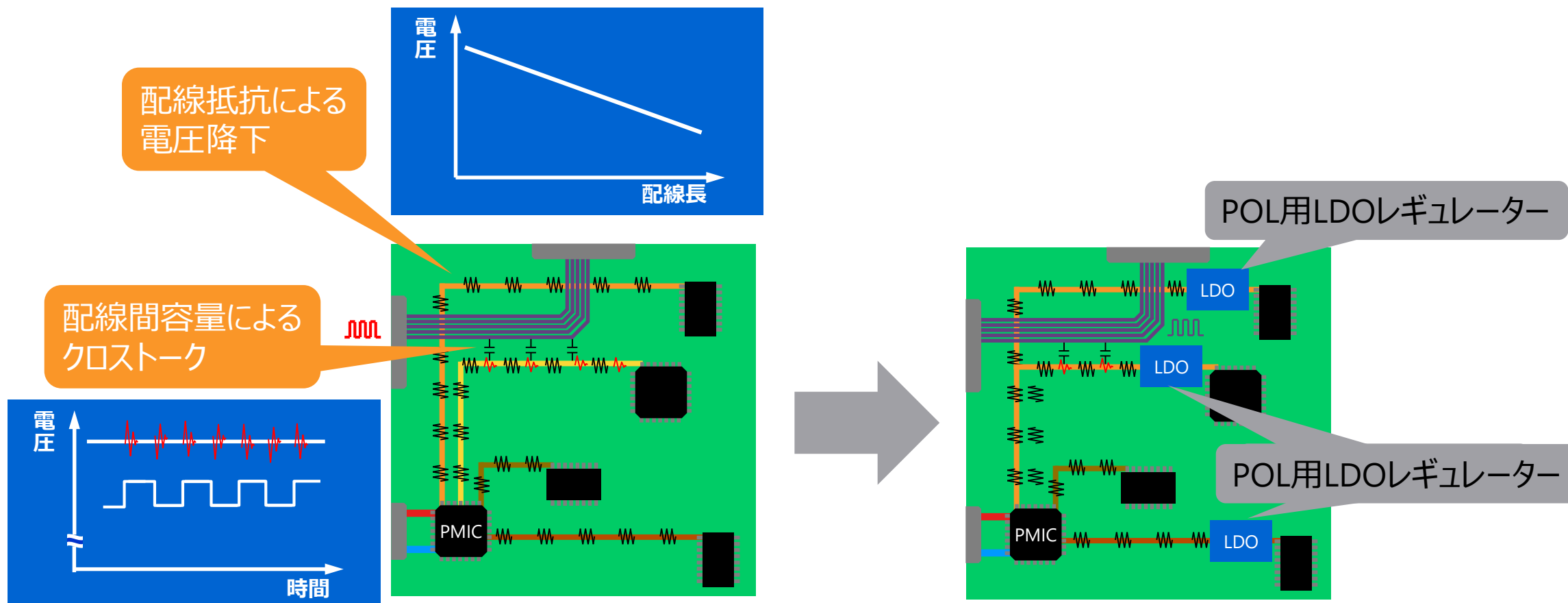
本資料では、電子機器のシステムが安定して動作するためにLDOLレギュレーターが必要な理由やLDOLレギュレーターの概要について説明します。

# システムから求められるLDOLレギュレーターの必要性

現在の電子機器は高機能・小型化・回路規模の増加・高効率化が進み、内部の回路やそれに使用されるICも低電圧化が進んでいます。また、センサーや高精度のアナログ回路ではノイズの影響を受けないように低ノイズの回路設計が必要となっています。

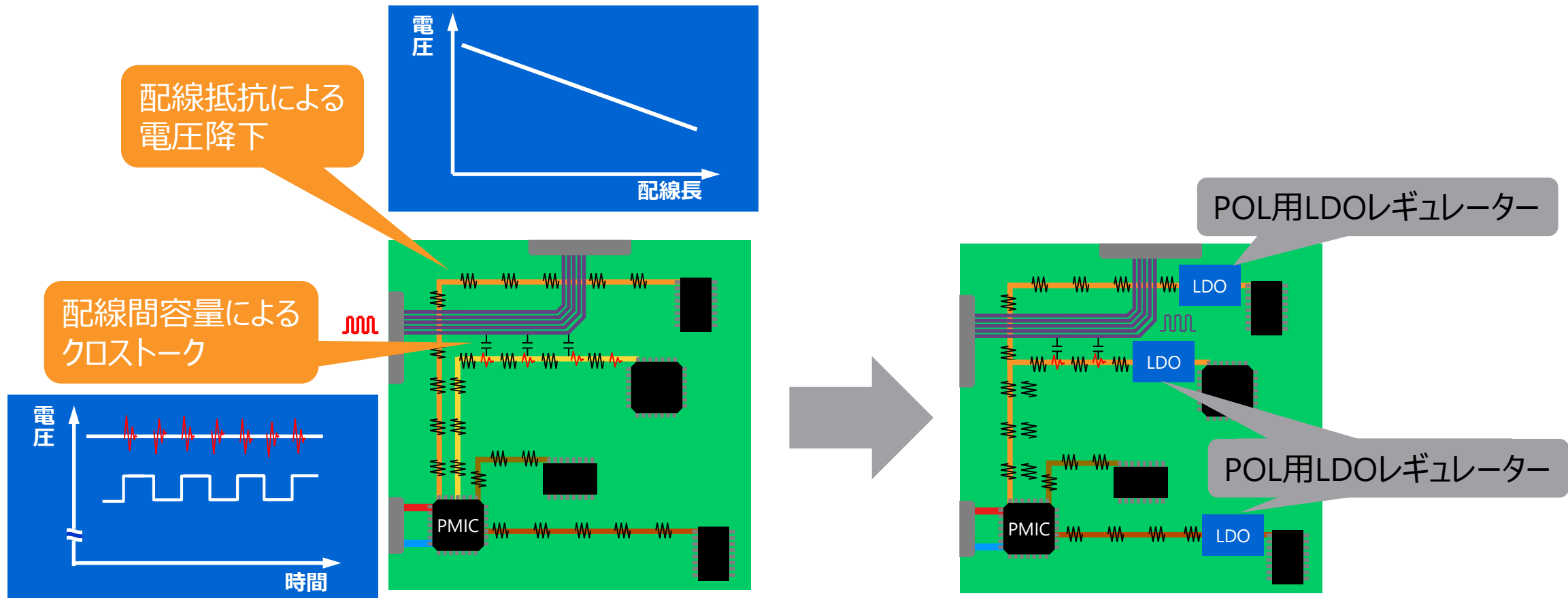
# システムから求められるLDOレギュレーターの必要性

従来は基板に電源回路やPMICなどの電源ICを配置して、そこから各回路ブロックやICに必要な電源電圧を供給するレイアウトが多くありましたが、配線長が長くなることから配線抵抗による電圧降下や配線間のクロストークによるノイズの影響を受けやすいなどの問題がありました。これらの問題を解決するため、回路ブロックやICなどの負荷の直近に電源を分散配置するPOL (Point of Load) 電源が多く採用されるようになってきました。



# システムから求められるLDOレギュレーターの必要性

使用するICや回路の近傍にLDOレギュレーターなどの電源ICを配置することで、精度が高く、ノイズが小さい電源電圧を供給することが可能となり、システムの安定性が向上します。



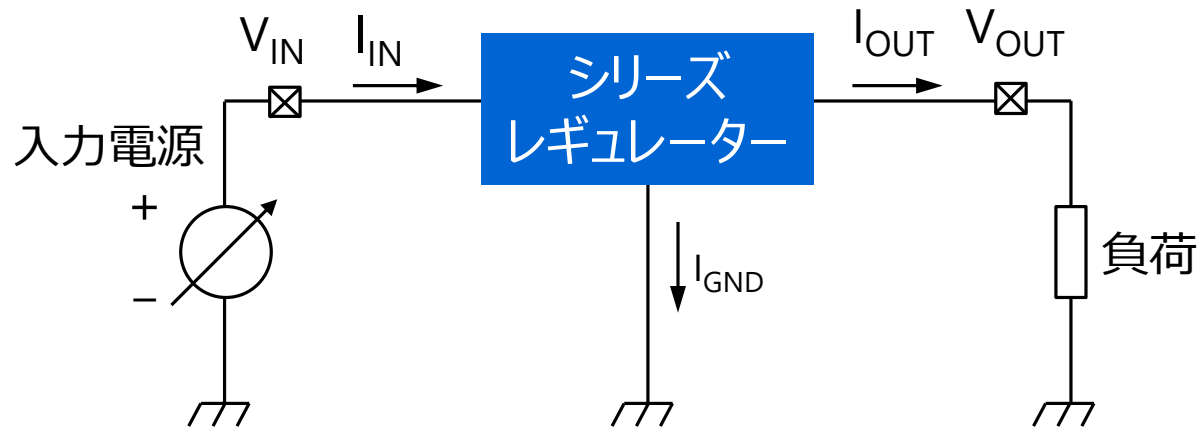


# リニアレギュレーターとは?

リニアレギュレーターは入力電圧や出力電流が変化したときに、IC自身が可変抵抗の動作をして、出力電圧が一定となるように制御する電源ICです。

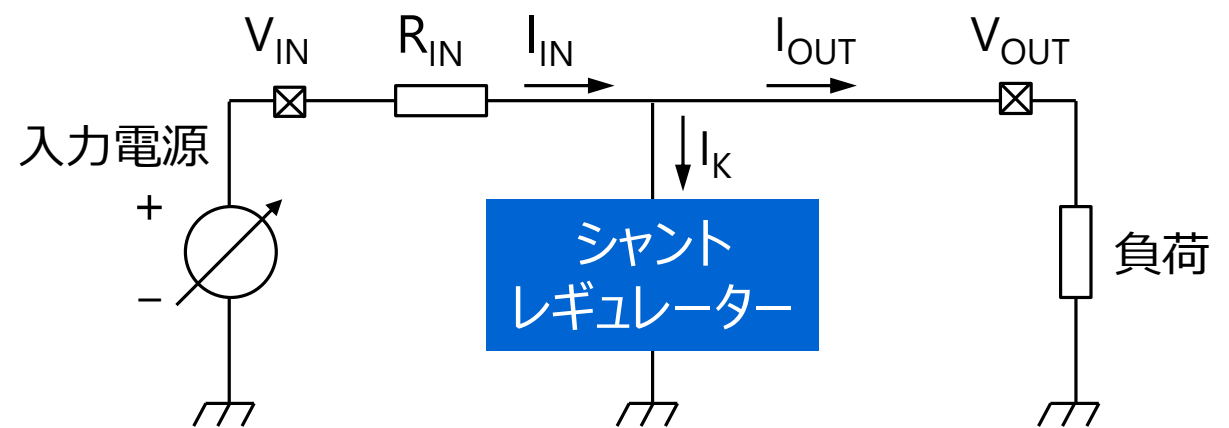
リニアレギュレーターには、シリースレギュレーターとシャントレギュレーターがあります。

シリースレギュレーターは名前のとおり、電源と負荷の間にシリース (直列) に配置され、シャントレギュレーターは、負荷と並列に配置されます。



シリースレギュレーター

$$I_{IN} = I_{OUT} + I_{GND}$$

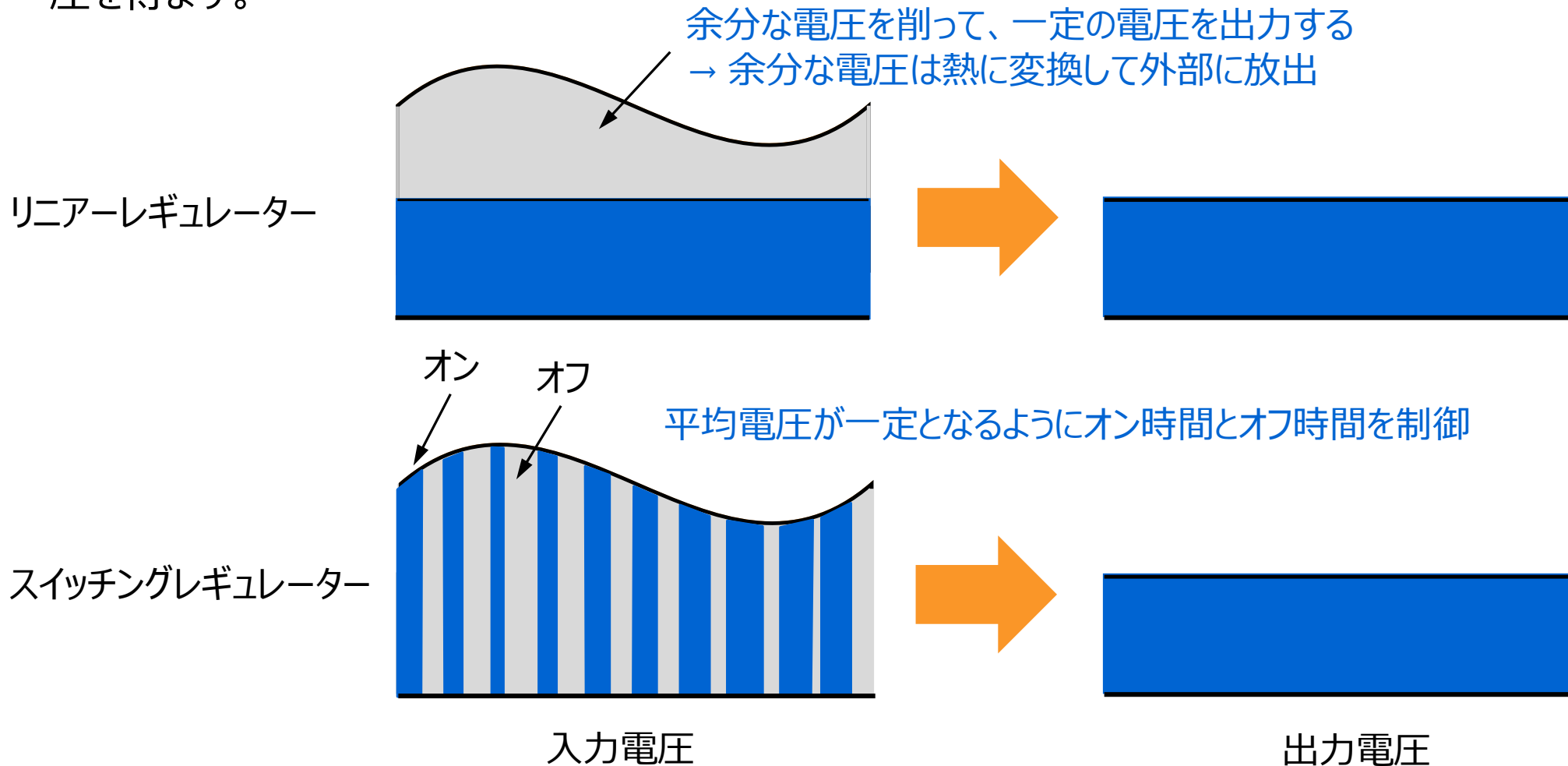


シャントレギュレーター

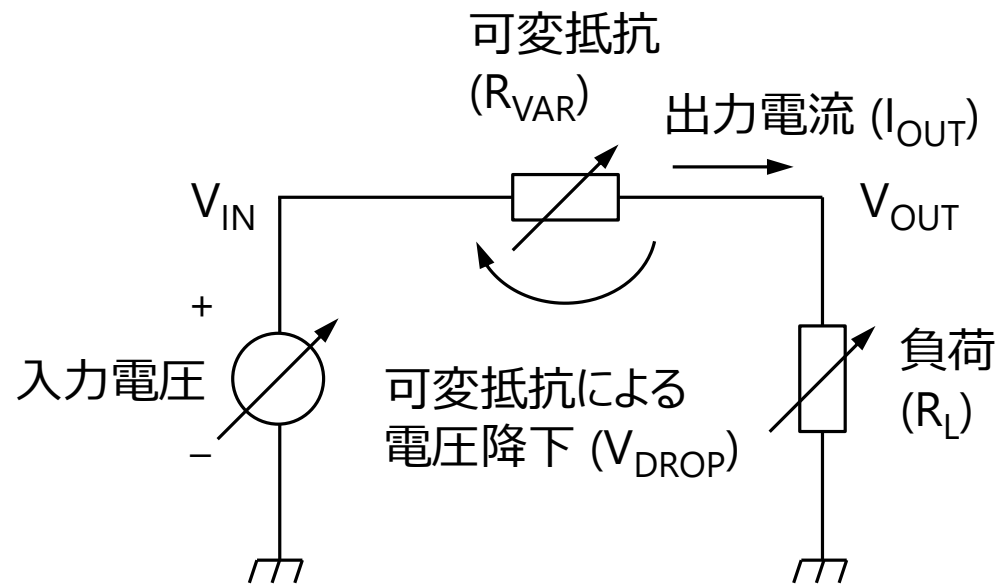
$$I_{IN} = I_{OUT} + I_K$$

# リニアレギュレーターとスイッチングレギュレーターの動作

リニアレギュレーターは、入力電圧の余分な電圧部分を削って安定した出力電圧を得ます。これに対して、スイッチングレギュレーターは、入力された電圧を平均した電圧が一定となるようにオン時間とオフ時間を制御して出力電圧を得ます。

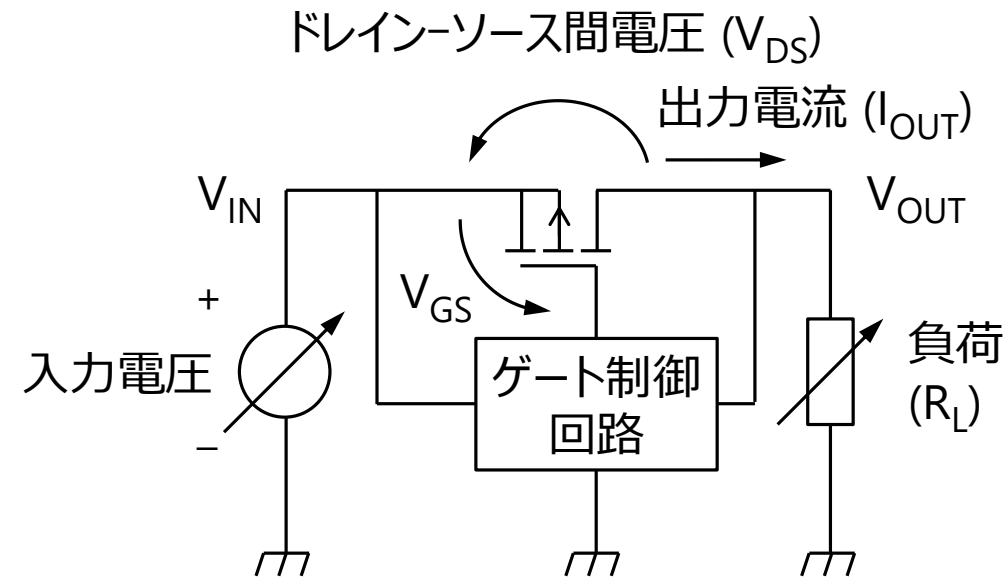


# シリースレギュレーターの動作原理



入力電圧や出力電流の変化に応じて、抵抗値を変化させて、安定した出力電圧  $V_{OUT}$  を負荷に供給します。

可変抵抗を  
MOSFET  
に置き換え



入力電圧や出力電流の変化に応じて、MOSFETのゲート電圧  $V_{GS}$  を調整し、ドレイン・ソース間電圧  $V_{DS}$  を増減することで負荷に安定した電圧と電流を供給します。

# シリースレギュレーターの動作原理

シリースレギュレーターは電源と負荷の間に配置して、入力電圧や出力電流の変化に応じて可変抵抗器の値を調整し、出力電圧を一定になるように制御します。

入力電圧が変化したとき



出力電流が変化したとき



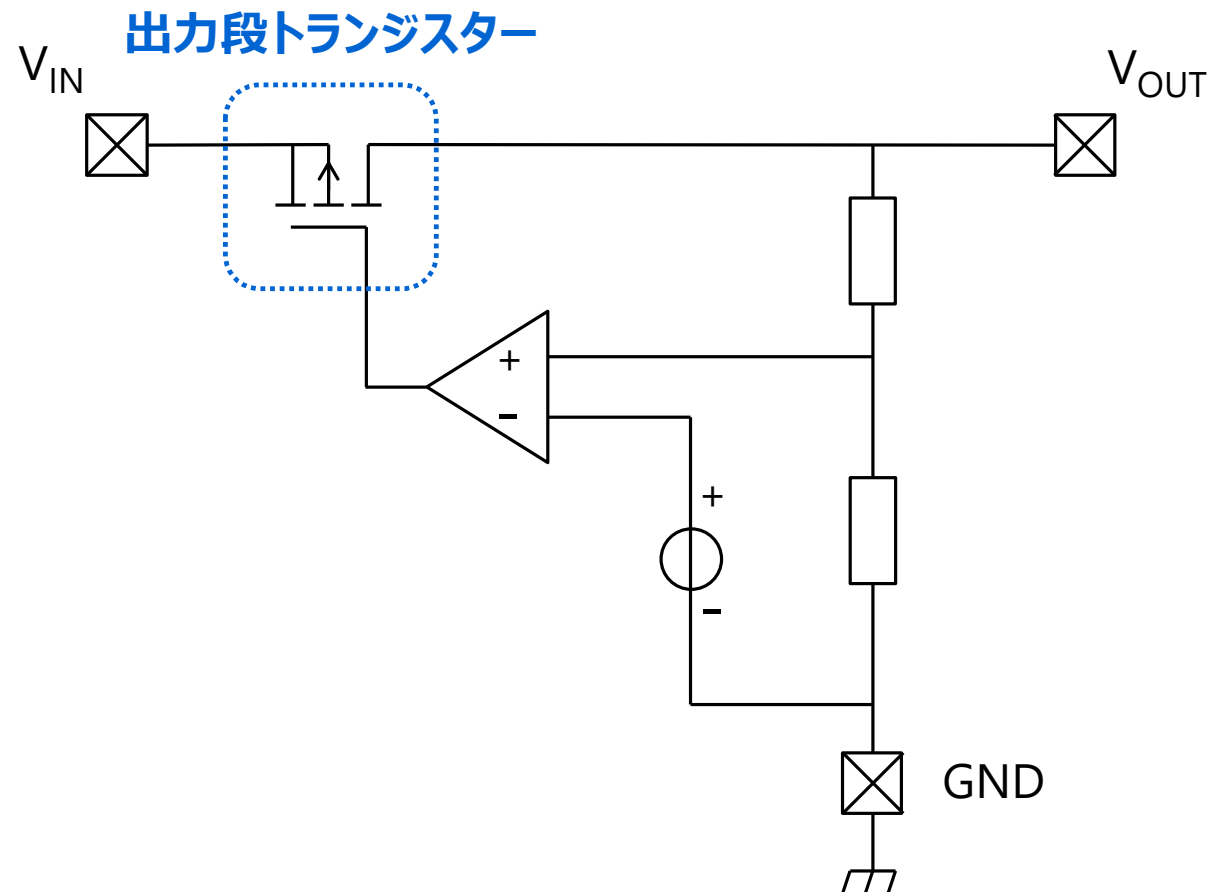
シリースレギュレーター用の電源ICでは、この可変抵抗器として動作する部分にMOSFETやバイポーラトランジスタなどの能動素子を使用されます。

# シリースレギュレーターの回路構成

シリースレギュレーターの基本的な構成は、下記の回路ブロックで構成されます。

## 出力段トランジスタ

シリースレギュレーターの入力端子と出力端子に直列に配置された出力段トランジスタは、入力電圧や出力電流が変動してエラーアンプからの信号でゲート電圧やベース電流を制御して出力電圧を一定に保持するように可変抵抗のように動作します。

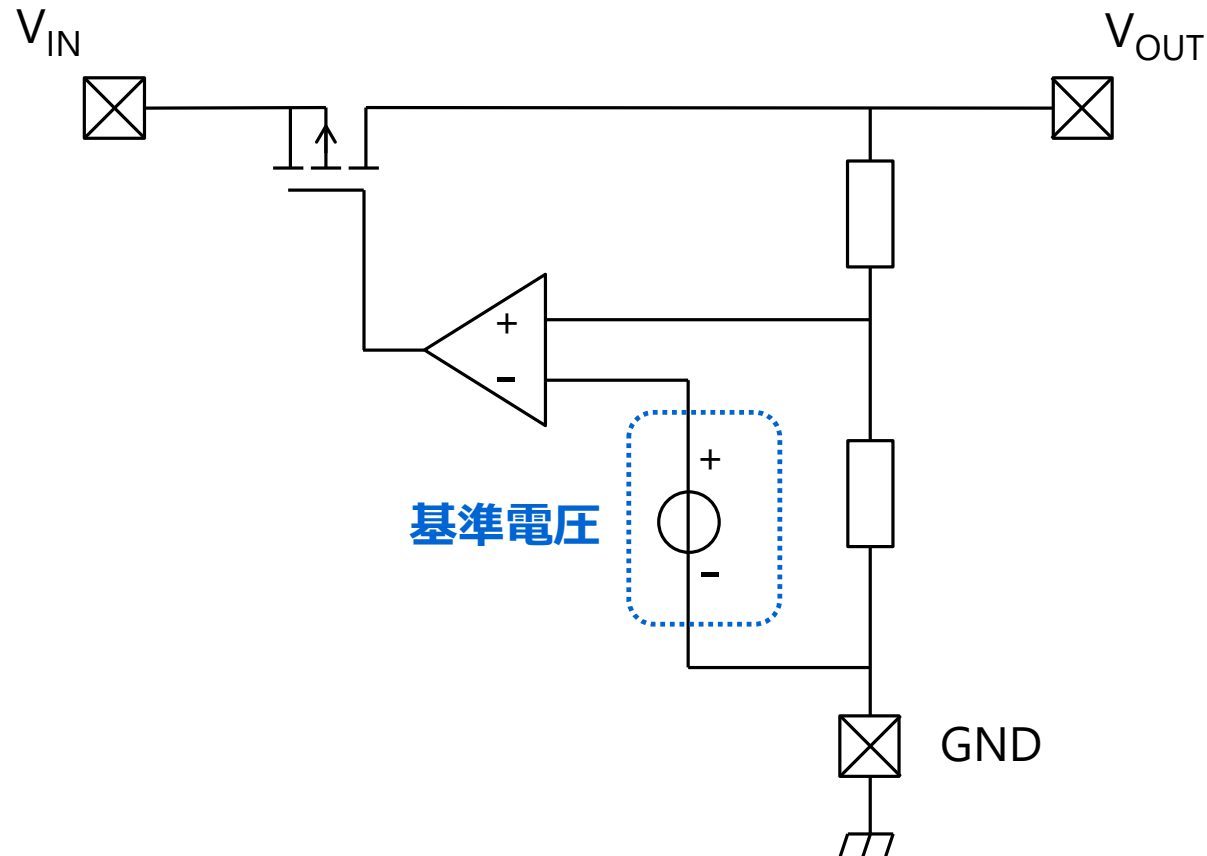


# シリースレギュレーターの回路構成

シリースレギュレーターの基本的な構成は、下記の回路ブロックで構成されます。

## 基準電圧

エラーアンプの基準電圧です。この電圧を基準にエラーアンプは出力電圧を一定に保持するように出力段トランジスタのゲートやベースを制御します。

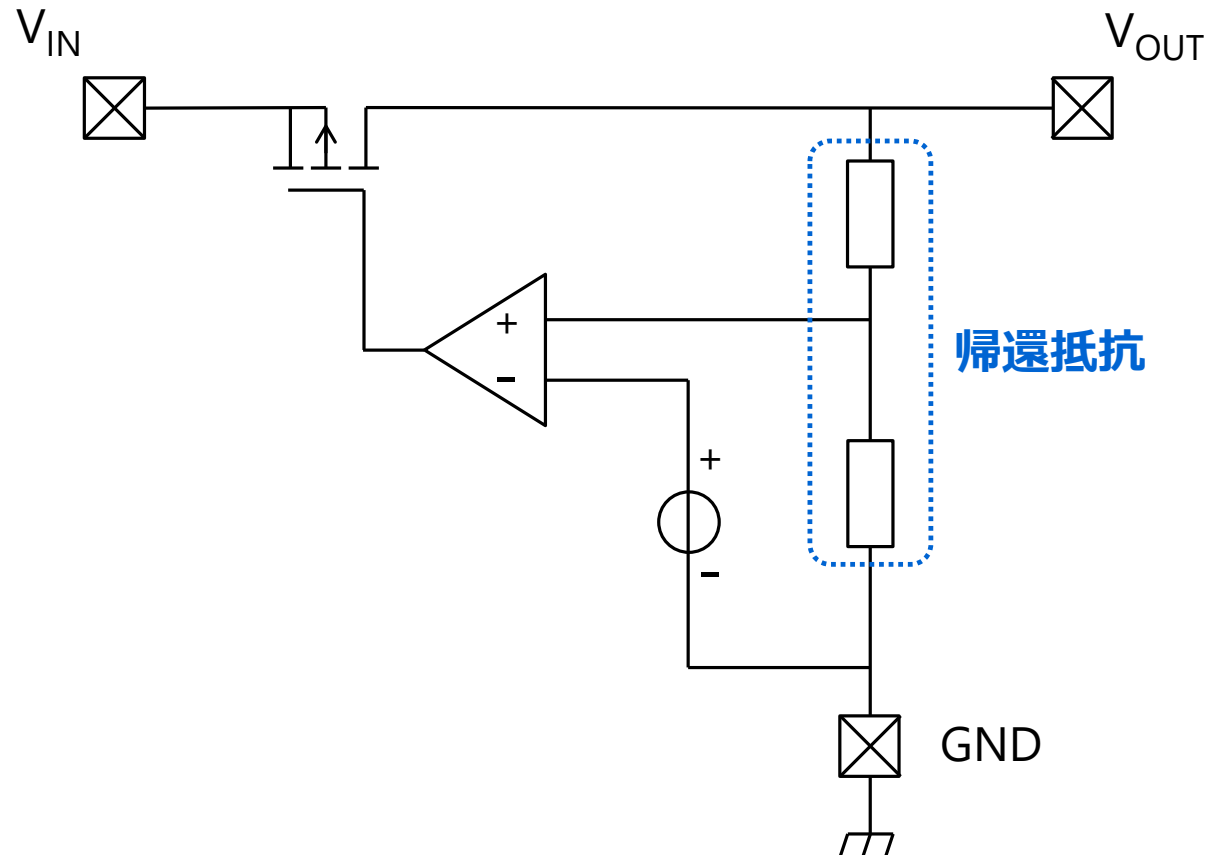


# シリースレギュレーターの回路構成

シリースレギュレーターの基本的な構成は、下記の回路ブロックで構成されます。

## 帰還抵抗

エラーアンプの基準電圧と出力電圧を比較して出力電圧を一定に保持できるように、エラーアンプの基準電圧相当に出力電圧を分圧するための抵抗です。出力端子とGND端子の間に二つの抵抗が直列に接続され、この中点電圧がエラーアンプに入力されます。



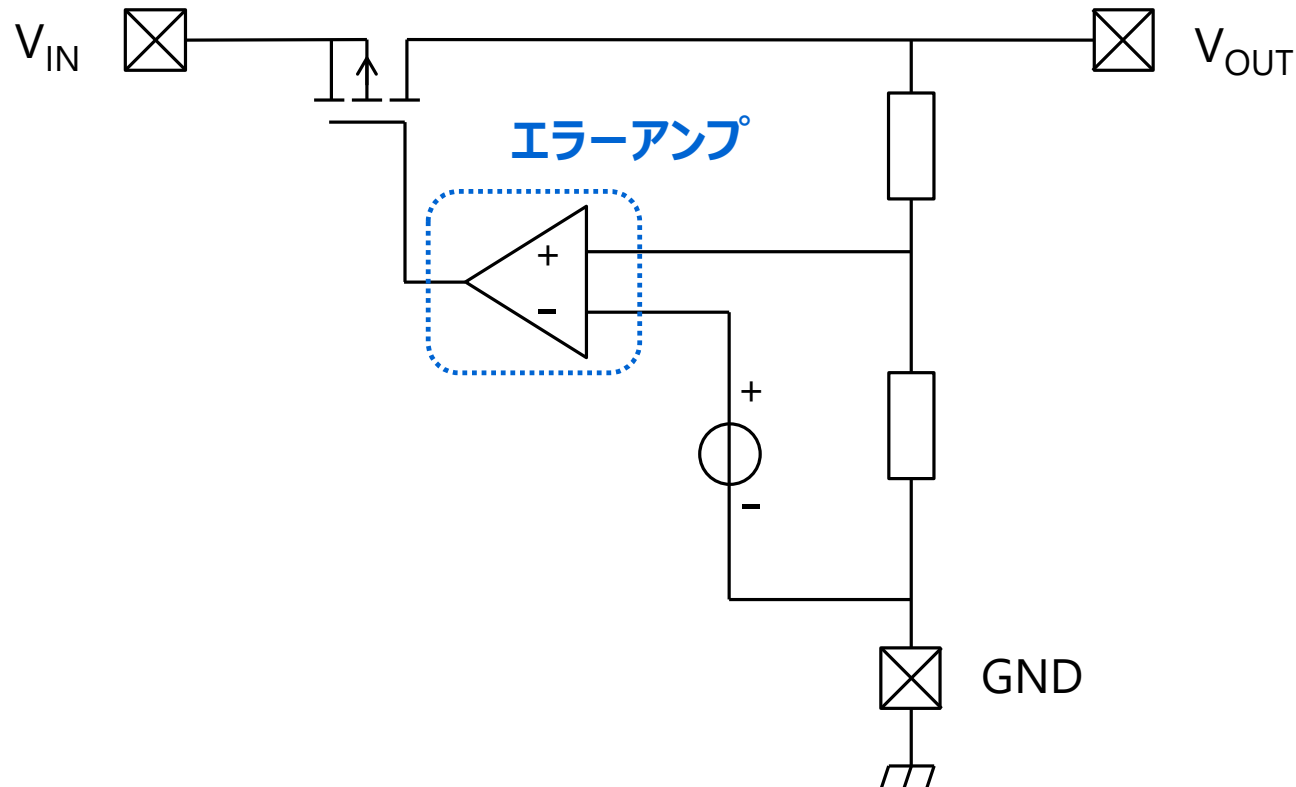
# シリースレギュレーターの回路構成

シリースレギュレーターの基本的な構成は、下記の回路ブロックで構成されます。

## エラーアンプ (誤差増幅器)

基準電圧と帰還抵抗により分圧された出力電圧を比較して、出力電圧側が小さいときには出力段トランジスターの駆動能力を増加させドレイン・ソース間電圧を減少して出力電圧を上昇させます。

反対に、出力電圧側が大きいときには、出力段トランジスターの駆動能力を減少させドレイン・ソース間電圧を増加して出力電圧を低下させます。





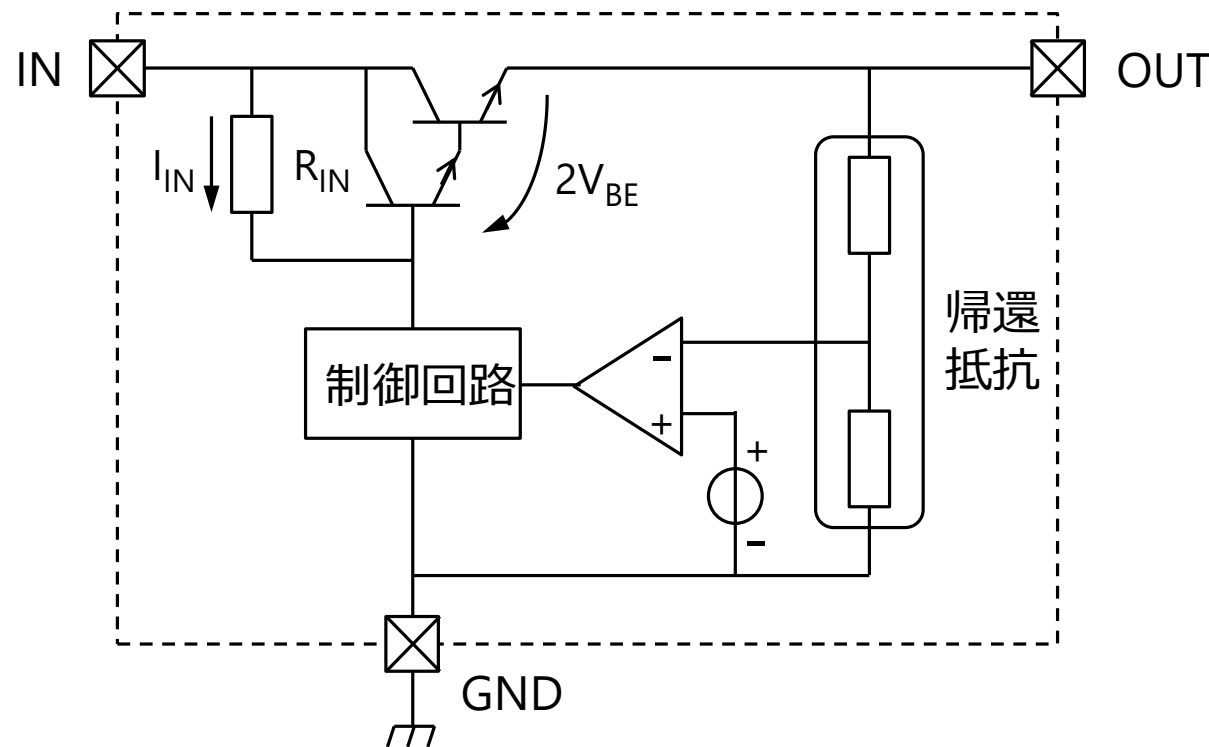
# 3 端子レギュレーターとLDOレギュレーターとの違い

## 3 端子レギュレーター

古くから使用されている 3 端子レギュレーターでは、出力段のトランジスターにNPNトランジスターやN-ch MOSFETが使用されています。この回路方式では下図に示すように、レギュレーターとして動作するためにドロップアウト電圧  $V_{DO}$  と呼ばれる入力と出力間の電圧差が必要です。

$V_{DO}$  の最小値は

- NPNトランジスター方式では  $V_{IN} - V_{OUT} > R_{IN} \times I_{IN} + 2 \times V_{BE}$

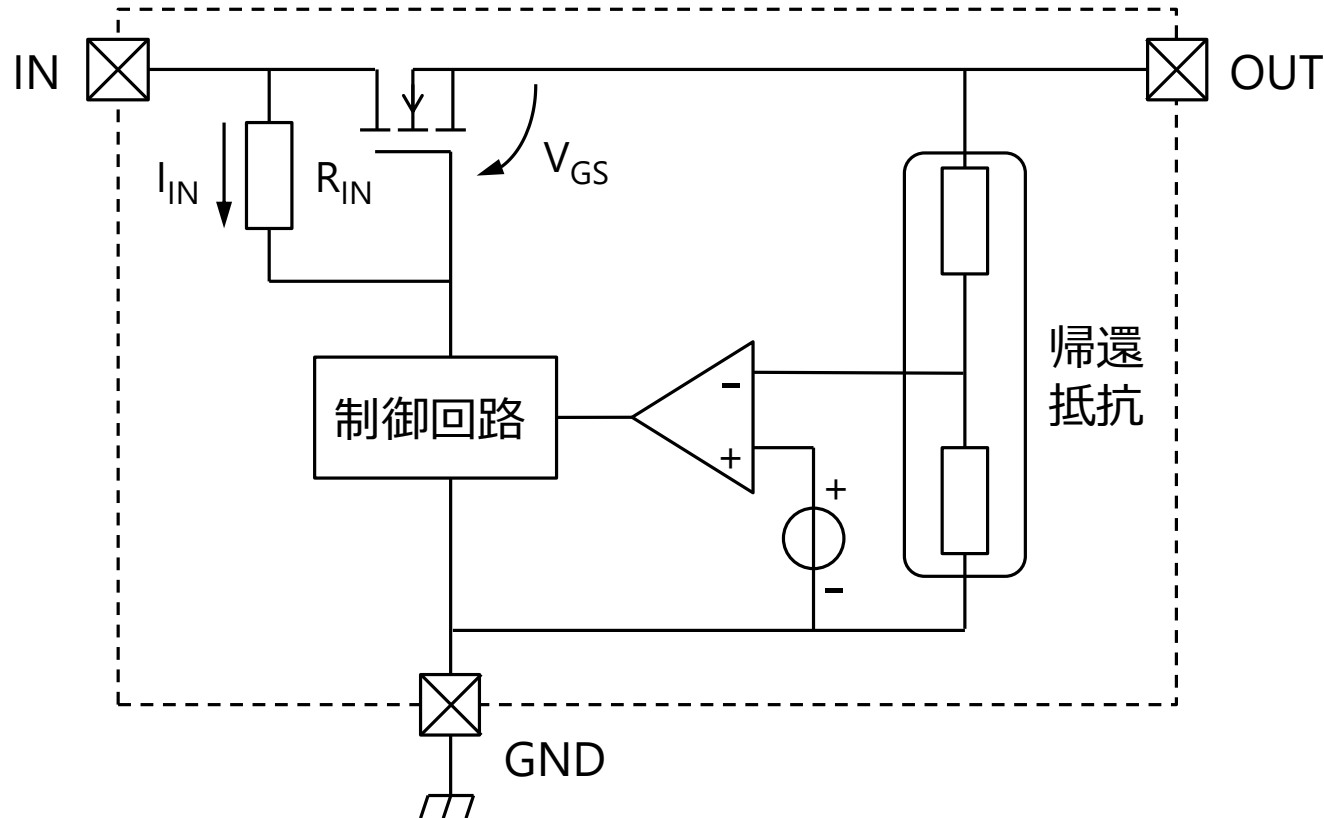


### 3端子レギュレーターとLDOレギュレーターとの違い

・N-ch MOSFET方式では、 $V_{IN} - V_{OUT} > R_{IN} \times I_{IN} + V_{GS}$

を満足する必要があります。

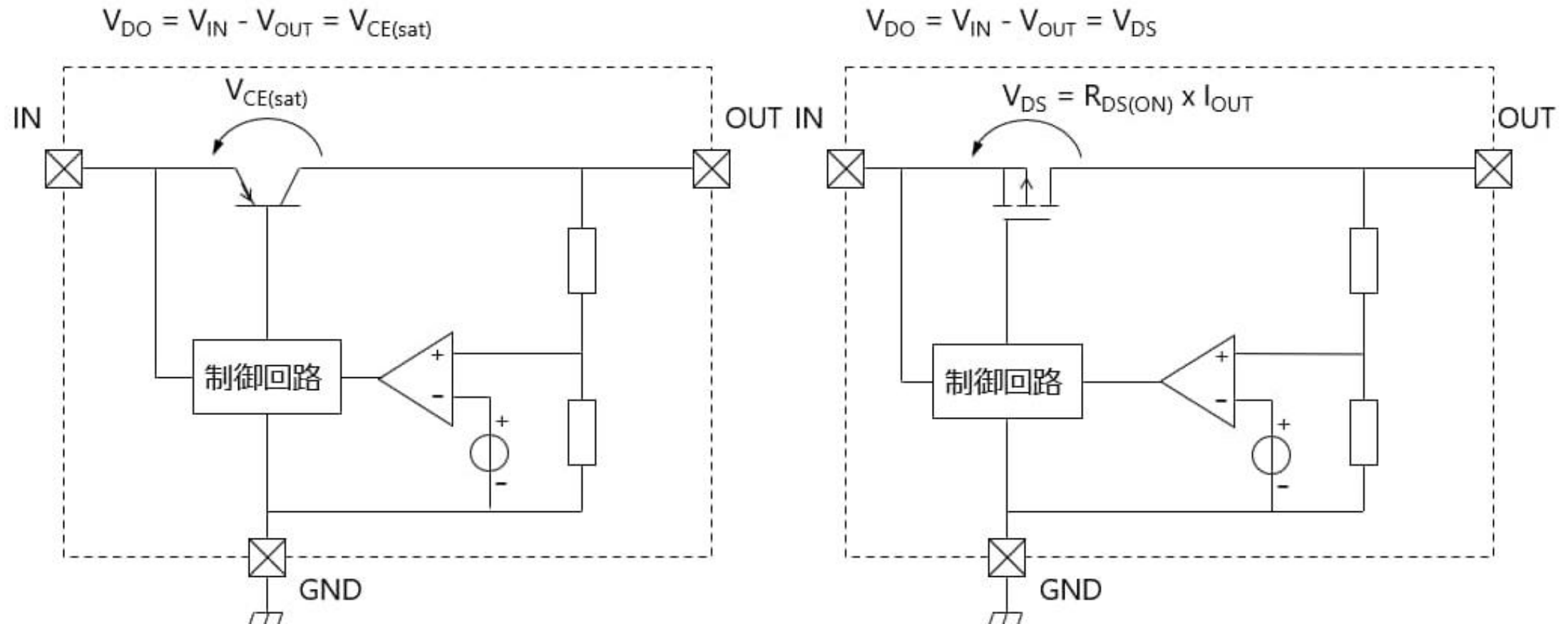
ここで、 $R_{IN} = 1 \text{ k}\Omega$ 、 $I_{IN} = 1 \text{ mA}$ 、 $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ 、 $V_{GS} = 1 \text{ V}$ と仮定すると、5 Vの電圧を出力させるために必要な入力電圧の最小値は、NPN方式で7.4 V、N-ch MOSFET方式では7 Vとなります。



### 3端子レギュレーターとLDOレギュレーターとの違い

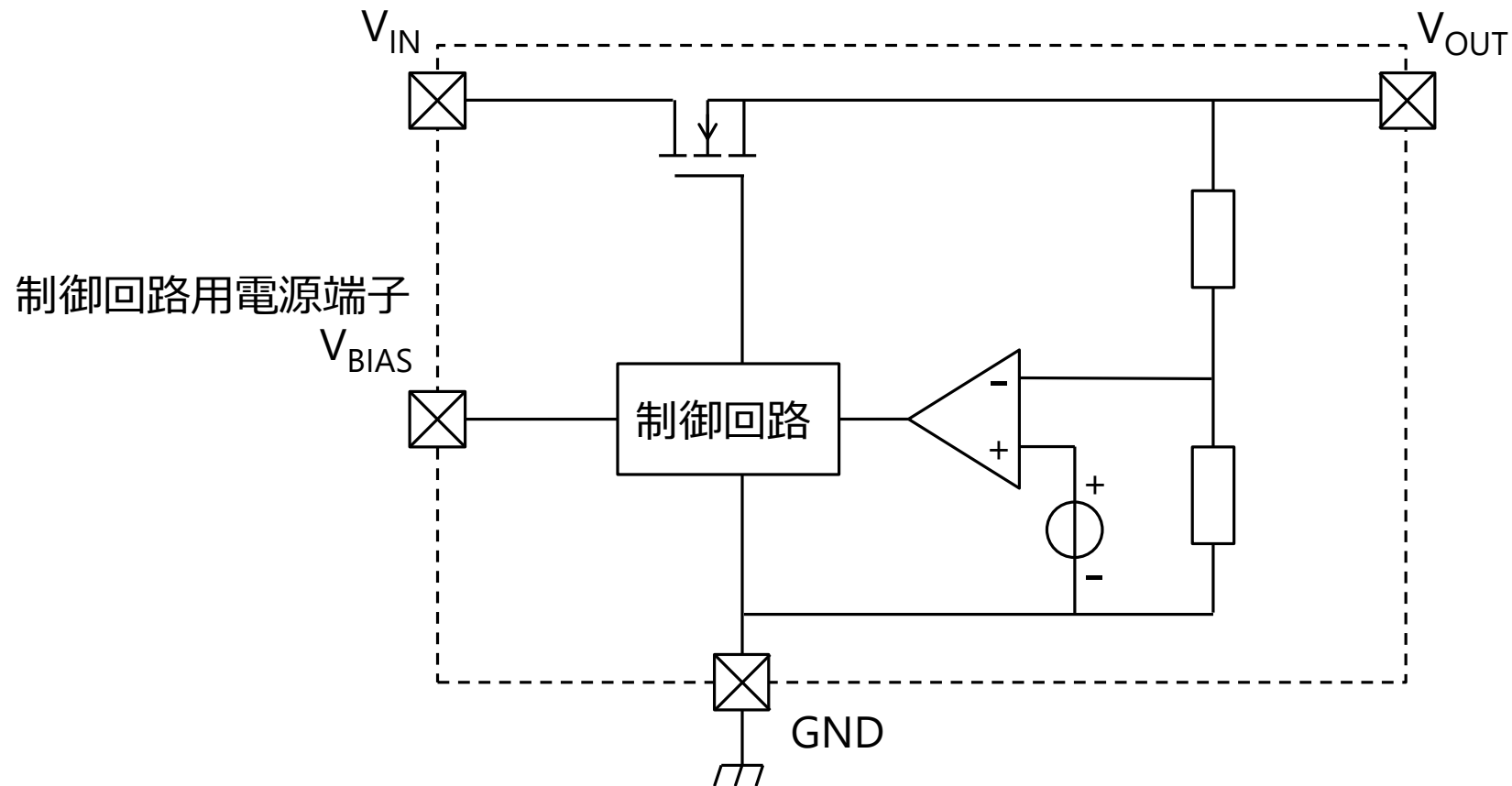
#### LDレギュレーター

LDレギュレーターの出カ段トランジスターは主にPNPトランジスターやP-ch MOSFETが使用されます。PNPトランジスターやP-ch MOSFETでは、ドロップアウト電圧の最小値はコレクタ・エミッター間電圧  $V_{CE(sat)}$  やドレイン・ソース間電圧  $V_{DS} (= R_{DS(ON)} \times I_D)$  で決定します。このため、LDレギュレーターは3端子レギュレーターよりも小さいドロップアウト電圧で動作することが可能です。



### 3端子レギュレーターとLDOLレギュレーターとの違い

また、よりドロップアウト電圧の低減を目的として、P-ch MOSFETよりもオン抵抗を小さくできるN-ch MOSFETを出力段に使用し、制御回路用に設けられた専用端子から電源を供給して動作するLDOLレギュレーターも開発されています。



## 2章 LDOが搭載している便利な機能

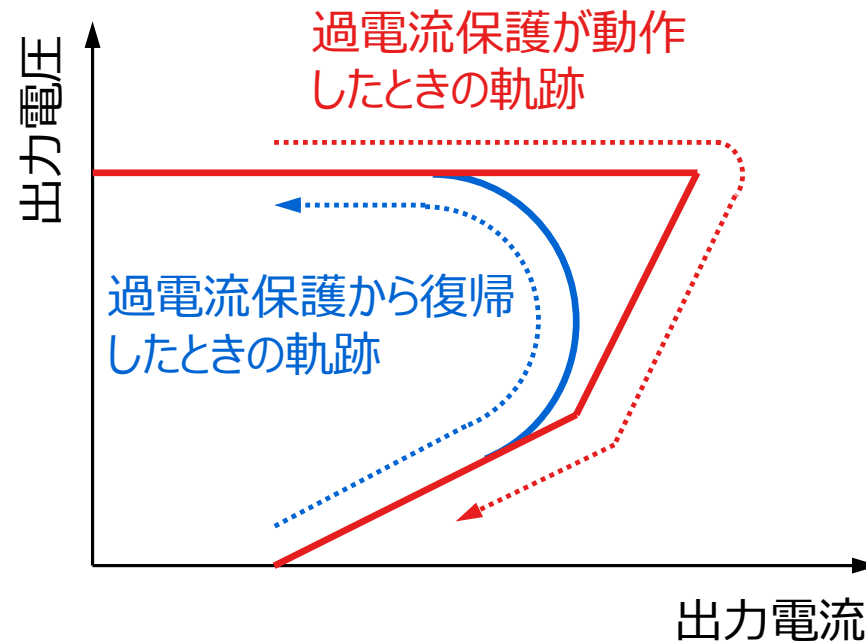
# LDOLレギュレーターが内蔵している便利な機能

LDOLレギュレーターにはシステムを安定して動作させるために、さまざまな機能が内蔵されています。

内蔵機能	概要
過電流保護	LDOLレギュレーターの $V_{OUT}$ 端子がGNDに短絡するなどして、LDOLレギュレーターに過剰な電流が流れたときに出力電流を制限してシステムを保護するための保護機能です。
過熱保護	LDOLレギュレーターに過剰な損失が発生したり、周囲温度が過剰に上昇してLDOLレギュレーター内で設定値まで接合温度が上昇したときに、システムを保護するためにLDOLレギュレーターを強制的にオフさせる保護機能です。
突入電流抑制 (スルーレート制御、ソフトスタート)	LDOLレギュレーターがオンしたときに出力電圧を緩やかに上昇させることでシステムを安定して動作させる機能です。 突入電流抑制機能は、スルーレート制御やソフトスタートとも呼ばれることがあります。
オートディスチャージ	LDOLレギュレーターがオフしたときに $V_{OUT}$ 端子に接続された平滑コンデンサーの電荷を急速に放電させてシステムの電源シーケンス設定を容易にする機能です。
低電圧誤動作防止 (UVLO)	入力電圧が低下するとシステムが不安定な動作にならないように、LDOLレギュレーターで設定された入力電圧を下回ると出力をオフさせる機能です。 低電圧誤動作防止機能は、UVLO (Under Voltage Lockout) とも呼ばれることがあります。

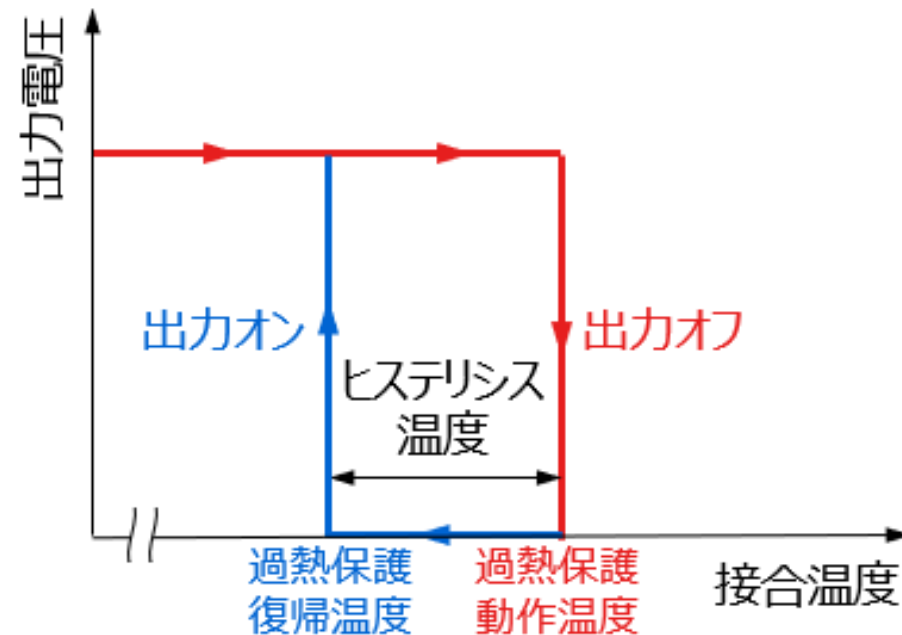
# 過電流保護機能

LDOLレギュレーターの $V_{OUT}$ 端子がGNDに短絡するなどのシステム異常が発生したとき、LDOLレギュレーターを含めたシステムを保護することを目的にLDOLレギュレーターの出力電流を制限する機能が過電流保護です。当社のLDOLレギュレーターではフの字特性 (フォールドバック: Foldback) と呼ばれる制御で保護を行います。フの字特性とは、LDOLレギュレーター内部で設定された以上の電流が流れたときに、出力電圧の低下とともに出力電流も制限を掛けて減少させます。出力電圧が0 Vの状態でも、LDOLレギュレーター内部で設定した電流が流れ続けます。このフの字特性は出力電流 – 出力電圧特性がカタカナの“フ”の字に似ていることからそのように呼ばれています。また、LDOLレギュレーターに過剰な電流が流れる要因が排除されると、保護は自動的に解除されて正常な電圧を出力します。



# 過熱保護機能

著しい周囲温度の上昇や、意図しない大電流負荷によるデバイス自身の発熱などにより、LDOレギュレーターの接合温度がIC内で設定された温度まで上昇したときに、LDOレギュレーターとシステムを保護するためにLDOレギュレーターを強制的にオフさせて $V_{OUT}$ 端子に接続されたICや回路への電圧供給を止めるための保護機能です。



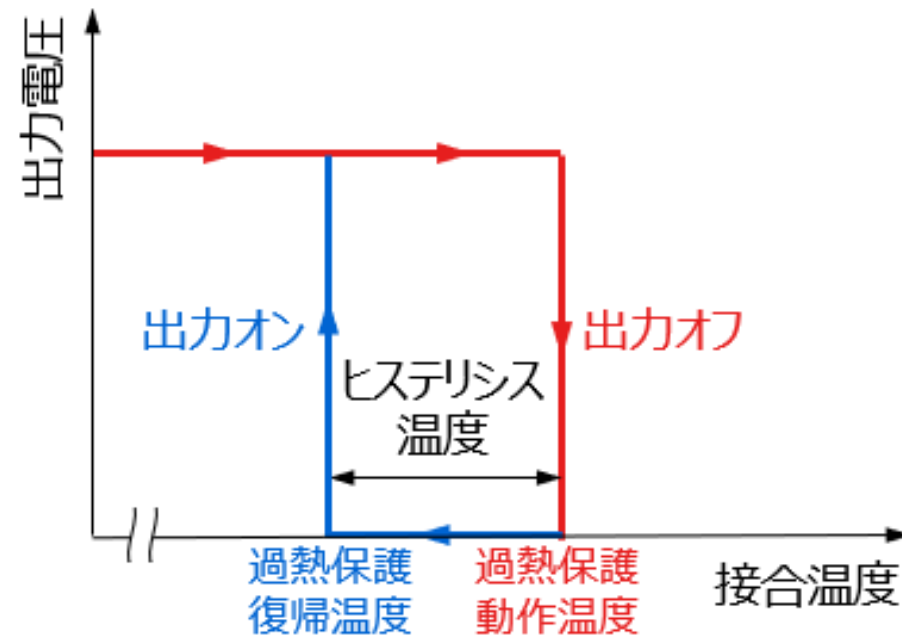


# 過熱保護機能

過熱保護には動作温度と復帰温度が設定されています。

動作温度は接合温度が上昇して過熱保護が動作して、LDOLレギュレーターがオフする接合温度です。LDOLレギュレーターがオフすると、LDOLレギュレーターには損失が印加されなくなるので接合温度が低下します。設定値まで接合温度が低下するとLDOLレギュレーターは自動的にオンして後段のICや回路へ電圧を供給します。

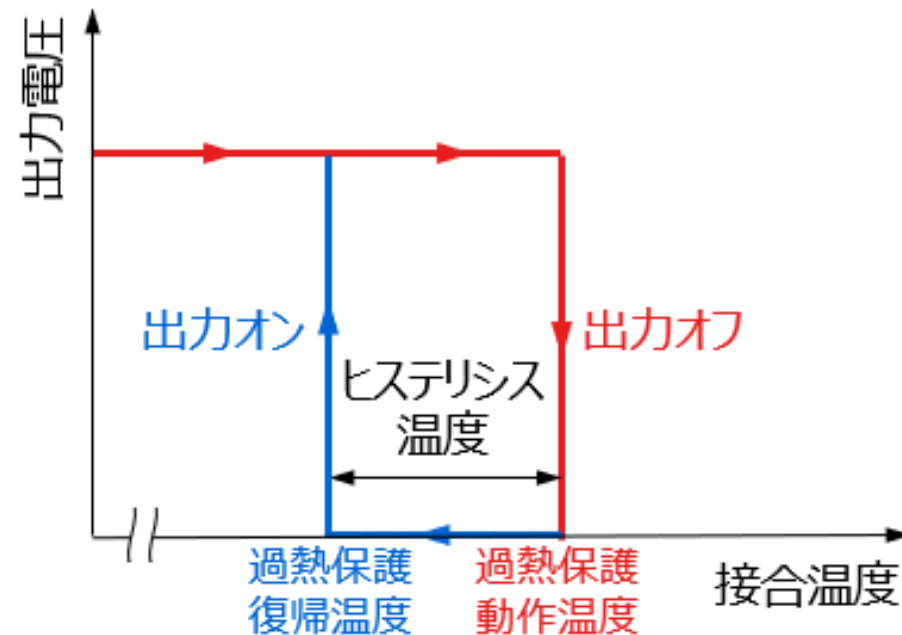
過熱保護が動作してオフとなってから、LDOLレギュレーターが再びオンする接合温度が復帰温度です。LDOLレギュレーターのデータシートなどでは、動作温度と復帰温度の幅をヒステリシス温度などの呼び方で規定しています。



# 過熱保護機能

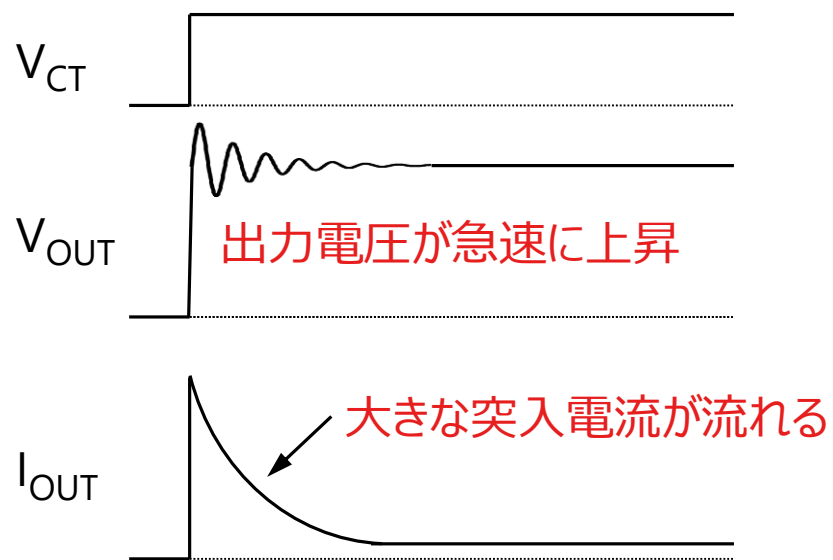
なお、過熱保護が動作する要因が排除されないと、再び接合温度が上昇してLDOLレギュレーターはオフし、接合温度が低下してオンの動作を繰り返します。

接合温度が上昇した状態が長時間継続すると、システムの安定性やLDOLレギュレーターの信頼性が懸念されるため、保護機能が動作したときに、システムとしてのフェイルセーフ機能を持たせるようにしてください。



## 突入電流抑制機能

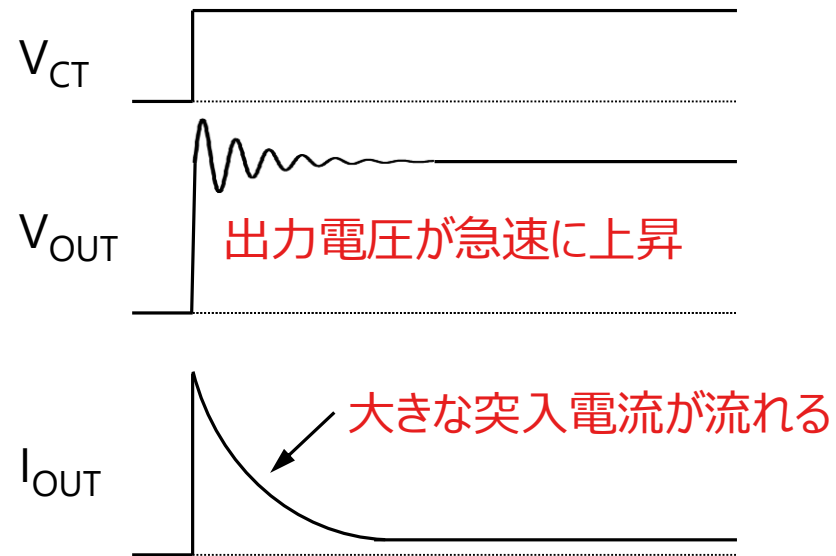
LDOLレギュレーターに入力電圧が印加されて、0 Vから急速に上昇するときに入力がLDOLレギュレーターの最低動作電圧を超えると安定した電圧を出力しようと動作します。このとき、LDOLレギュレーター内部のエラーアンプは設定された電圧を出力まで上昇させるように、 $V_{IN}$ 端子と $V_{OUT}$ 端子の間に接続された出力段トランジスターを最大能力で駆動します。出力電圧が設定値まで上昇するとLDOLレギュレーターは設定された電圧を安定して出力させようとしていますが、内部回路の遅延時間などにより出力電圧にオーバーシュートが発生して負荷であるICや回路の定格電圧を超えることがあります。



突入電流抑制機能がない場合のイメージ図

# 突入電流抑制機能

また、LDOLレギュレーターが動作してから出力電圧が安定するまでの間、 $V_{OUT}$ 端子に接続された出力の平滑コンデンサーを充電するためにLDOLレギュレーターには大きな突入電流が流れます。このとき、 $V_{IN}$ 端子の配線インピーダンスが大きいと突入電流と配線インピーダンスの電圧降下により入力電圧が低下して正常な出力電圧を得られない可能性があります。このような状態を回避させるための機能が突入電流抑制機能です。



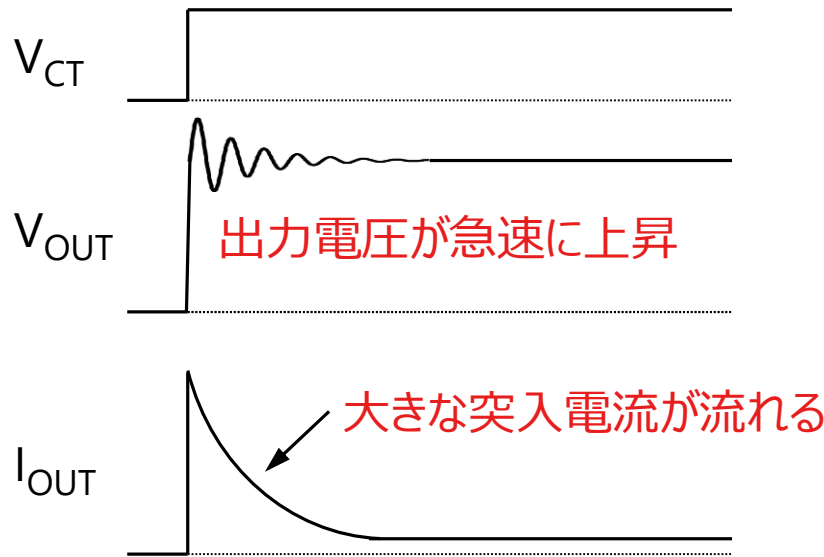
突入電流抑制機能がない場合のイメージ図

# 突入電流抑制機能

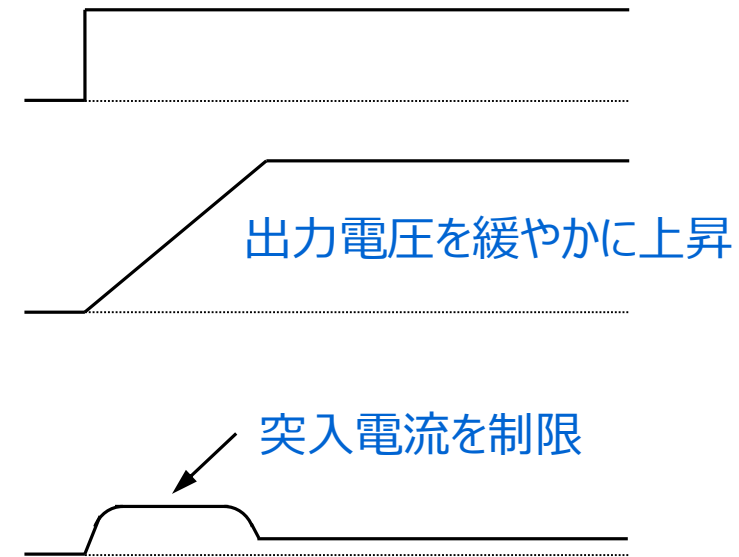
突入電流抑制機能は、LDOLレギュレーターが動作を開始すると、突入電流を制限しながら出力電流を緩やかに上昇させて、出力電圧のオーバーシュートや入力電圧の低下を抑えます。

突入電流抑制機能により、安定なシステムを構築することができます。

なお、突入電流抑制機能は、スルーレート制御やソフトスタートとも呼ばれることがあります。



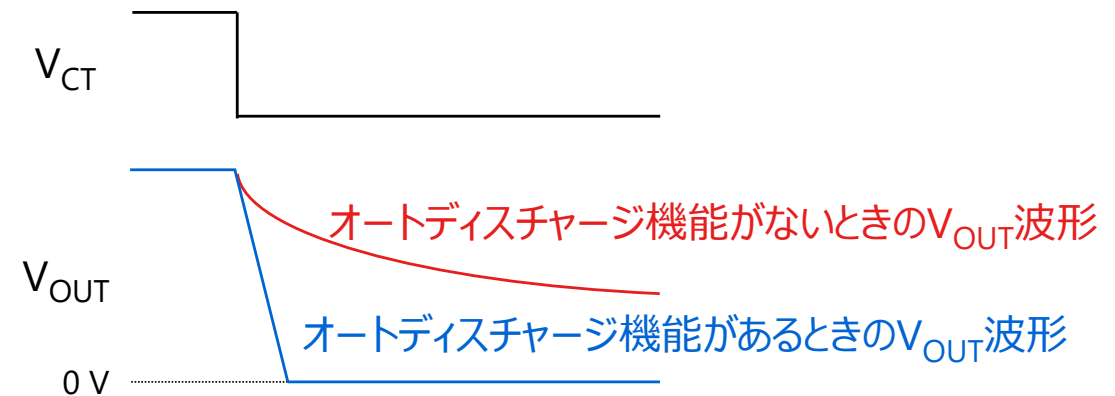
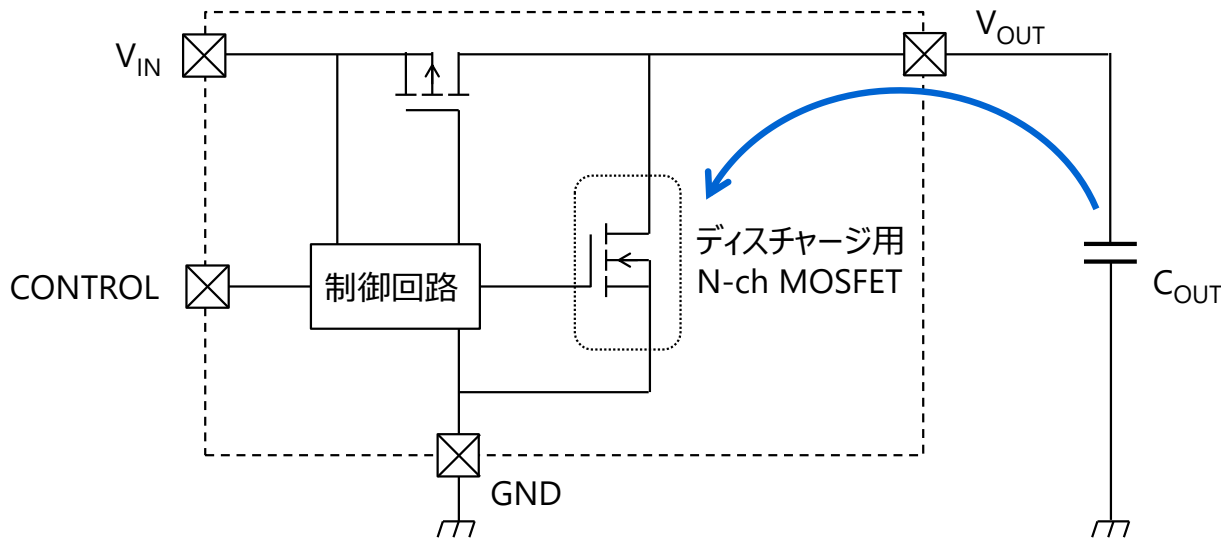
突入電流抑制機能がない場合のイメージ図



突入電流抑制機能がある場合のイメージ図

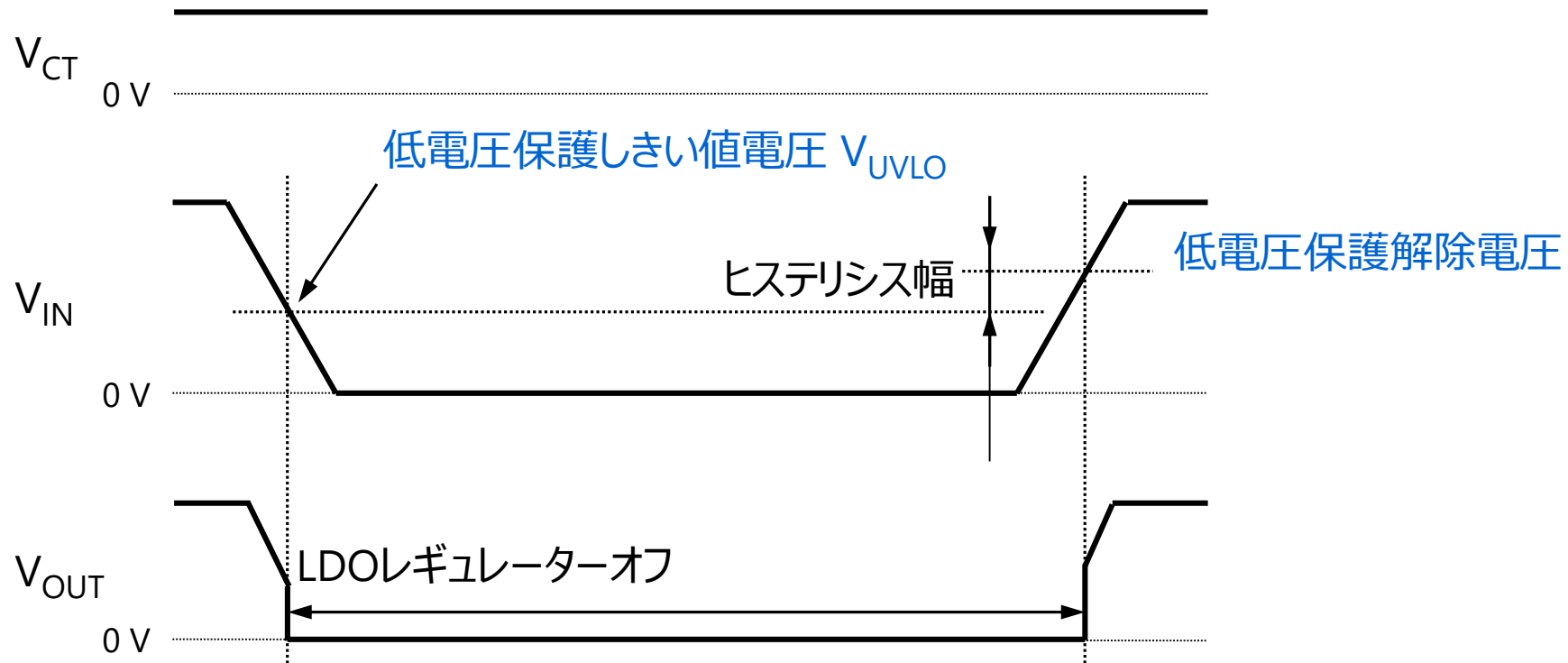
# オートディスチャージ機能

一つのシステムには複数のICや回路が配置され、システムが安定して動作するためには、それぞれに供給する電源のシーケンスを設定する必要があります。LDOレギュレーターの $V_{OUT}$ 端子には出力電圧の平滑化のために比較的大きな容量を持つコンデンサーが接続されます。このため、LDOレギュレーターがオフすると $V_{OUT}$ 端子の平滑用コンデンサーには電圧が充電された状態が保持され、後段のICや回路の消費電流で放電時間が決定します。このような場合、システムとして必要な電源シーケンスを設定することが難しくなります。オートディスチャージ(出力ディスチャージ)機能は、LDOレギュレーターがオフすると $V_{OUT}$ 端子とGND端子間のN-ch MOSFETを介してコンデンサーに充電された電荷を急速に放電させることで電源シーケンスの設定を容易にします。



# 低電圧誤動作防止機能 (UVLO)

IC や回路に供給される電圧が低下するとシステムが不安定になる可能性があります。低電圧保護とはLDOLレギュレーター内部で設定された入力電圧が低下したときに、内部で設定された入力電圧を下回ると、出力を強制的にオフさせてシステムの安定性を確保するための機能です。低電圧誤動作防止機能にはヒステリシスが設定されており、CONTROL端子に“H”レベルの電圧が印加された状態で低電圧誤動作防止保護が動作したあと、入力電圧が設定値まで上昇すると、出力は自動的にオンに復帰します。



# 3章 データーシートに出てくる用語



# LDOLレギュレーターのデータシートに記載されている用語の説明

ここでは、LDOLレギュレーターのデータシートに記載されている電気的特性の代表的な用語について説明します。

項目	記号	説明
入力電圧	$V_{IN}$	LDOLレギュレーターが正常に動作する入力電圧の範囲です。
バイアス電圧	$V_{BIAS}$ $V_{BAT}$	LDOLレギュレーターが正常に動作するバイアス電圧の範囲です。バイアス電圧はLDOLレギュレーター内部の制御回路に入力される電圧です。
出力電圧精度 出力電圧	$V_{OUT}$	データシートで規定した条件で出力電圧を測定したときに、標準値に対する最小値と最大値の精度です。
内部基準電圧	$V_{ADJ}$	LDOLレギュレーター内部のエラーアンプの基準電圧値です。出力電圧を外部の抵抗で任意に設定できる可変出力タイプの製品で規定されている規格です。
バイアス電流 消費電流	$I_B$ $I_{B(ON)}$	LDOLレギュレーターの内部回路の消費電流です。データシートで規定した条件でGND端子からの電流からコントロール端子のプルダウン電流を差し引いた電流値です。
バイアス電流	$I_{IN(ON)}$	LDOLレギュレーターが動作しているときにデータシートで規定した条件で $V_{IN}$ 端子に流れる電流です。
バイアス電流	$I_{BIAS(ON)}$	LDOLレギュレーターが動作しているときにデータシートに規定した条件で $V_{BIAS}$ 端子に流れる電流です。

# LDOLレギュレーターのデータシートに記載されている用語の説明

項目	記号	説明
スタンバイ電流	$I_{B(OFF)}$ $I_{IN(OFF)}$ $I_{BIAS(OFF)}$	LDOLレギュレーターが $V_{CT} = 0$ Vでスタンバイ状態のときに、 $V_{IN}$ 端子および $V_{BIAS}$ 端子に流れる電流です。
ADJ端子電流	$I_{ADJ}$	$V_{ADJ}$ 端子に接続されたエラーアンプの入力端子電流です。出力電圧を外部の抵抗で任意に設定できる可変出力タイプの製品で規定されている規格です。
コントロール電圧 (ON)	$V_{CT(ON)}$	LDOLレギュレーターをオンにするために必要なCONTROL端子の電圧です。データシートに規定された範囲の電圧をCONTROL端子に印加すると出力端子から電圧が出力されます。
コントロール電圧 (OFF)	$V_{CT(OFF)}$	LDOLレギュレーターをオフにするために必要なCONTROL端子の電圧です。データシートに規定された範囲の電圧をCONTROL端子に印加するとLDOLレギュレーターはシャットダウンします。
コントロールプルダウン電流	$I_{CT}$	LDOLレギュレーターのCONTROL端子とGND端子に接続されたプルダウン用の素子に流れる電流です。

# LDOLレギュレーターのデータシートに記載されている用語の説明

項目	記号	説明
入力安定度	Reg・line	入力電圧の変動に対して出力電圧の変化量を規定した値です。Reg・line の値が小さいLDOLレギュレーターほど入力電圧が変化しても出力電圧の変化量が小さく安定した出力電圧を得ることができます。
負荷安定度	Reg・load	出力電流の変動に対して出力電圧の変化量を規定した値です。Reg・load の値が小さいLDOLレギュレーターほど出力電流が変化しても出力電圧の変化量が小さく安定した出力電圧を得ることができます。
最小入出力間電圧差	$V_{DO}$	LDOLレギュレーターが安定した出力電圧を出力するために必要な入力電圧と出力電圧の電圧差です。最小入出力間電圧差はドロップアウト電圧とも呼ばれます。
出力制限電流	$I_{CL}$	出力制限電流は過電流保護を開始する規定の電流値です。
低電圧保護しきい値電圧	$V_{UVLO}$	LDOLレギュレーターの入力電圧が通常の状態から低下して低電圧誤動作防止機能が動作する電圧です。
出力電圧温度係数	$T_{CVO}$	データシートに規定した条件で温度を変化させたときの1 °Cあたりの出力電圧の変動率です。出力電圧温度係数の値が小さいLDOLレギュレーターほど温度が変化しても出力電圧の変化量が小さく安定した出力電圧を得ることができます。

# LDOLレギュレーターのデータシートに記載されている用語の説明

項目	記号	説明
出力雑音電圧	$V_{NO}$	LDOLレギュレーターの出力に発生するノイズのレベルです。
リップル圧縮度	$R.R. (V_{IN})$ $R.R. (V_{BIAS})$	入力電圧やバイアス電圧に重畳されたリップル電圧をLDOLレギュレーター内部で圧縮 (除去) できる性能指数でdBで表示されます。R.R.の値が大きなLDOLレギュレーターほどノイズを除去能力が高くなります。R.R.はノイズに非常に敏感なセンサー回路やアナログ回路の電源にLDOLレギュレーターを選択するときの指標となります。また、R.R. はリップル除去率、リップルリジェクションおよび電源電圧変動除去比 (PSRR、SVRR) と呼ばれることもあります。
負荷過渡応答特性	$\Delta V_{OUT}$	出力電流がステップ状に急峻に変化したときに出力電圧に発生するアンダーシュートやオーバーシュートの変化量です。負荷応答特性の大きいLDOLレギュレーターではシステムの安定動作に支障をきたす恐れがあります。
出力ディスチャージオン抵抗	$R_{SD}$	LDOLレギュレーター内部で $V_{OUT}$ 端子とGND端子の間に接続されたN-ch MOSFETのオン抵抗です。
過熱保護温度	$T_{SD}$	LDOLレギュレーターに過剰な損失が印加されたり、周囲温度が過剰に上昇したときに過熱保護が動作する接合温度です。
過熱保護温度ヒステリシス	$T_{SDH}$	過熱保護温度と過熱保護が解除する接合温度の差です。

# 4章 効率・損失の計算方法

# LDOLレギュレーターの効率

LDOLレギュレーターの入力電力と出力電力の関係は、(1)式から求められます。

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \quad \dots (1)$$

入力電力 $P_{IN}$ と出力電力 $P_{OUT}$ は、(2)と(3)式で求められます。

$$P_{IN} = V_{IN} \times (I_{IN} + I_B) \quad \dots (2)$$

$$P_{OUT} = V_{OUT} \times I_{OUT} \quad \dots (3)$$

ここで、LDOLレギュレーターの消費電流である $I_B$ が入力電流 $I_{IN}$ に対して非常に小さいときには、(2)式は(4)式に近似することができます。

$$P_{IN} = V_{IN} \times I_{IN} \quad \dots (4)$$

(3)と(4)式を(1)に代入すると

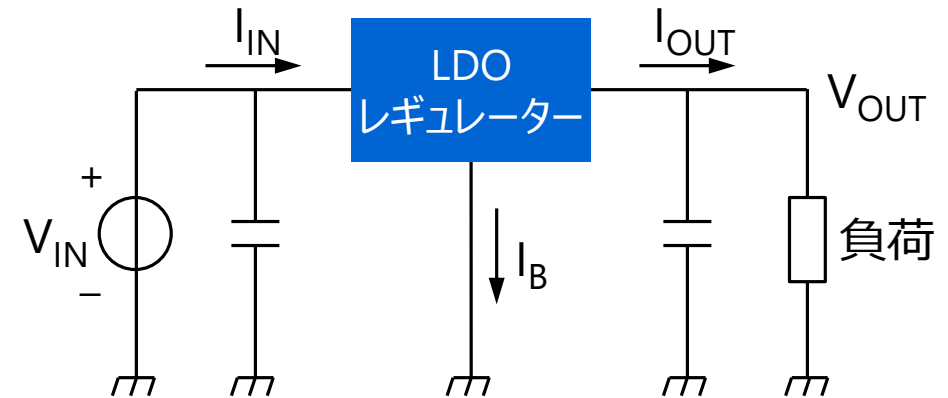
$$\eta = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times I_{IN}}$$

シリーズレギュレーターでは $I_{IN} = I_{OUT}$ となるので

$$\eta = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

となり、LDOLレギュレーターの効率は入力電圧 $V_{IN}$ と出力電圧 $V_{OUT}$ の比で決定します。

したがって、LDOLレギュレーターの入力電圧と出力電圧の条件によっては、高効率な電源を構成することも可能です。



# LDOLレギュレーターの損失と接合温度

LDOLレギュレーターの損失は、(1)式から求められます。

$$P = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} + V_{IN} \times I_B \cdots (1)$$

ここで、 $V_{IN} \times I_B$ の項の値が非常に小さく無視できるときには、(2)式のように近似できます。

$$P = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} \cdots (2)$$

また、LDOLレギュレーターの接合温度 $T_j$ は、(3)式から求められます。

$$T_j = P \times R_{th(j-a)} + T_a \cdots (3)$$

$R_{th(j-a)}$ はLDOLレギュレーターを基板に実装したときの熱抵抗です。

データシートに $R_{th(j-a)}$ が記載されておらず、許容損失 $P_D$ が記載されているときの $R_{th(j-a)}$ は(4)式から求めることができます。

$$R_{th(j-a)} = \frac{T_j(max) - 25}{P_D} \cdots (4)$$

(4)式を(3)式に代入すると、(5)式となります。

$$T_j = P \times \frac{T_j(max) - 25}{P_D} + T_a \cdots (5)$$

ここで、 $T_j(max) = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 600 \text{ mW}$ のLDOLレギュレーターを $V_{IN} = 3.6 \text{ V}$ 、 $V_{OUT} = 1.8 \text{ V}$ 、 $I_{OUT} = 100 \text{ mA}$ 、 $T_a = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ の条件で使用したときの接合温度 $T_j$ は

$$T_j = (3.6 - 1.8) \times 0.1 \times \frac{150 - 25}{0.6} + 40 = 77.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

と求めることができます。

※データシートに記載された許容損失や熱抵抗は指定の基板に実装した条件での値であり、実際に製品を使用する際には十分な評価を実施して問題がないことを確認する必要があります。

# 5章 使用上の注意点



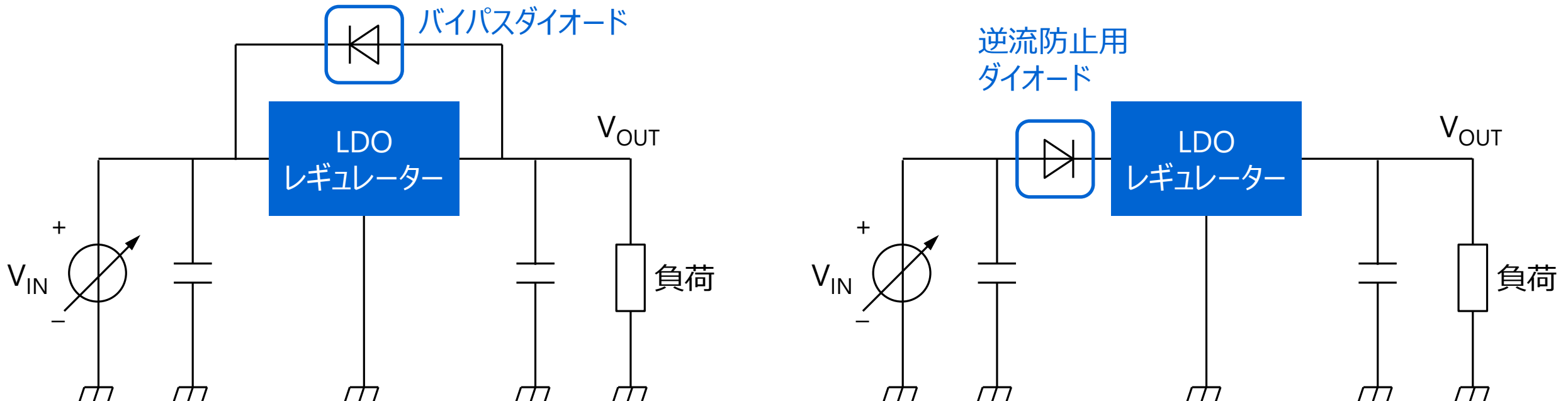
# LDOLレギュレーターを使用する際の注意点

## LDOLレギュレーターの入力端子電圧が出力端子電圧より高くなった場合

LDOLレギュレーターの入力端子の電圧が出力端子の電圧よりも高くなった場合、出力端子から入力端子へ電流が逆流してデバイスの劣化や破壊を招く恐れがあります。このような状態が発生可能性がある場合には、 $V_{IN}$ 端子と $V_{OUT}$ 端子間にバイパスダイオードを接続してください。

または、電源と $V_{IN}$ 端子間に直列に逆流防止用のダイオードを接続するなどの対策をしてください。

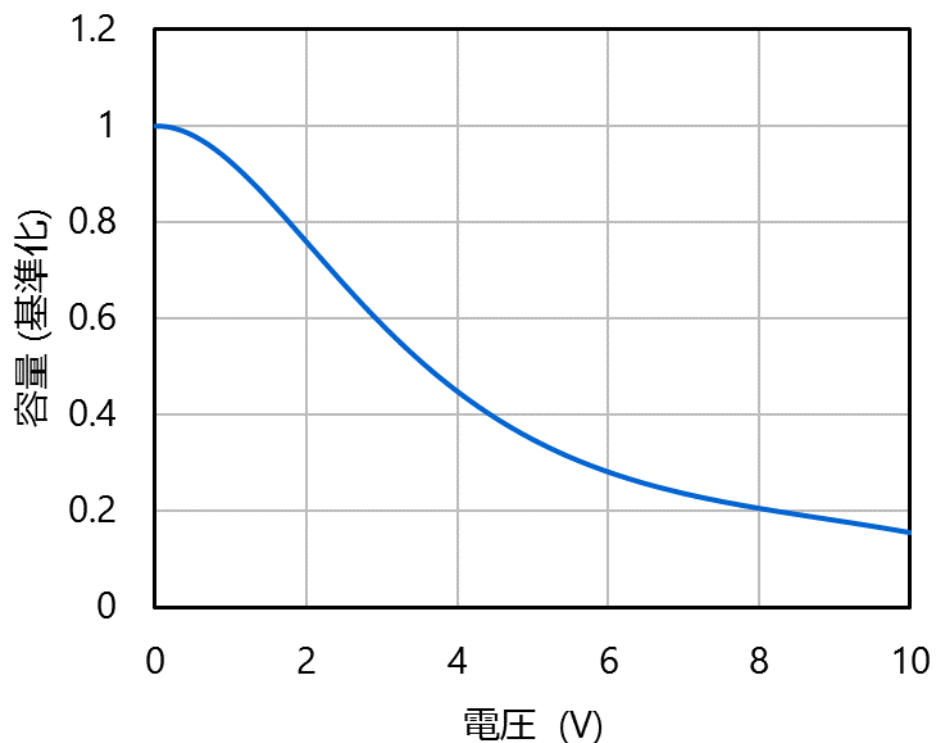
逆流防止ダイオードを使用するときには、ダイオードの順方向電圧 $V_F$ による電圧降下を考慮の上、入力電圧範囲内で問題がないことを確認してください。使用するダイオードについては、十分な逆電圧 $V_R$ と順方向電流 $I_F$ のデレーティングを考慮の上、順方向電圧 $V_F$ とリーク電流 $I_R$ の小さい製品を選択してください。



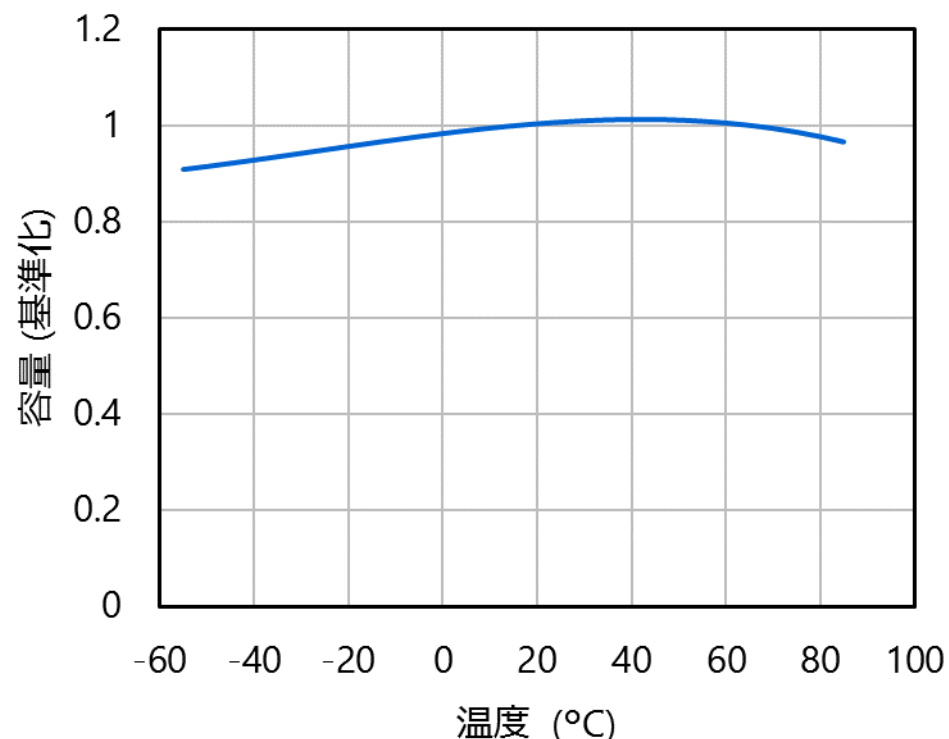
# LDOLレギュレーターを使用する際の注意点

## 出力電圧の平滑用にセラミックコンデンサーを使用する場合

セラミックコンデンサーは、等価直列抵抗 (ESR) が非常に小さく、小型で大容量化が進んでおり、LDOLレギュレーターの電圧平滑用には好適なコンデンサーです。しかしながら、セラミックコンデンサーの容量は電圧特性や温度特性があります。とくに、LDOLレギュレーターでは出力コンデンサーの容量値が負帰還動作に大きな影響を与えます。セラミックコンデンサーの容量値を選定するときには、コンデンサーの電圧や温度依存性を考慮した評価を十分に実施して問題がないことを確認してください



セラミックコンデンサーの容量 (基準化) – 印加電圧特性例



セラミックコンデンサーの容量特性 (基準化) – 温度特性例

**TOSHIBA**