

TOSHIBA

ディスクリート半導体の基礎

第4章 パワーマネージメント用IC

2022年2月

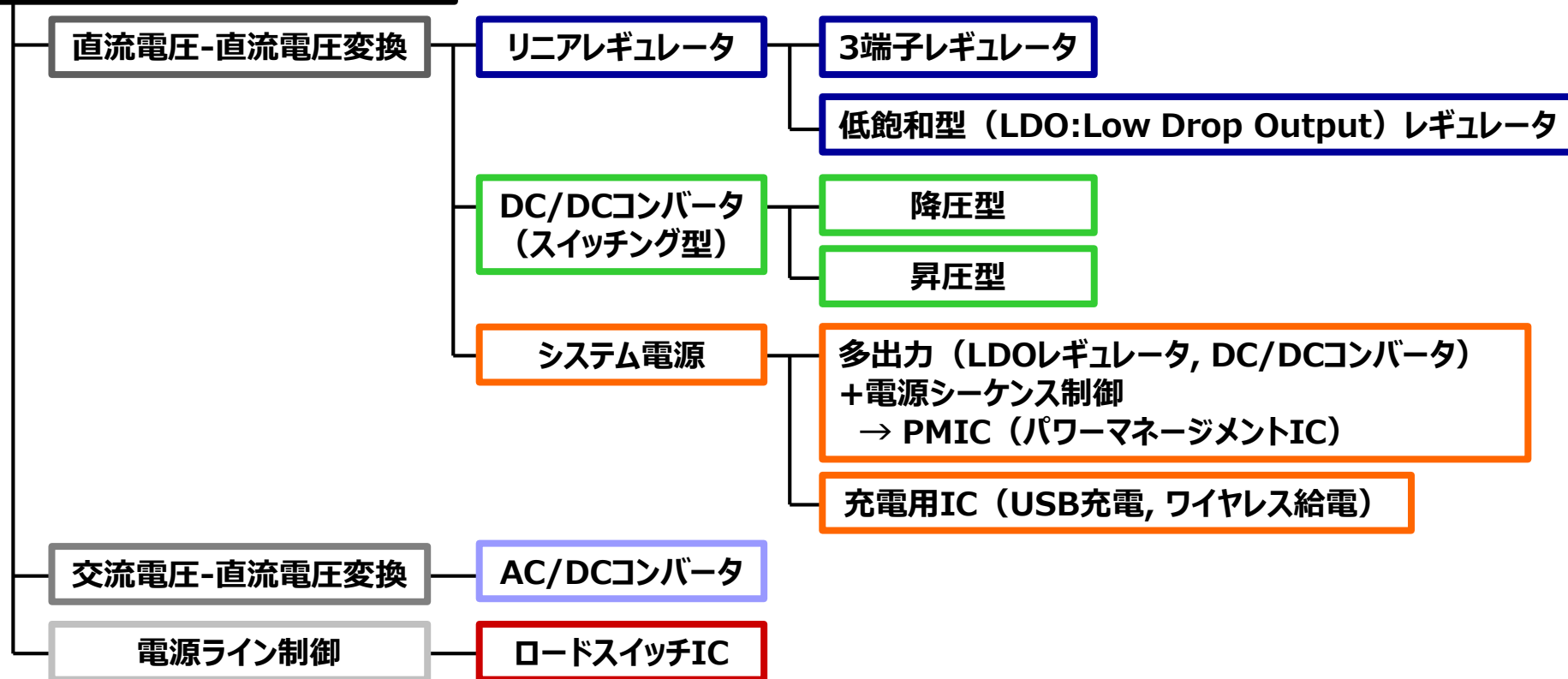
東芝デバイス&ストレージ株式会社

パワーマネージメント用IC

パワーマネージメントとは、機器の多機能化と省電力化を目的に電源を管理する機能です。このパワーマネージメントを行うICをパワーマネージメント用ICと呼びます。

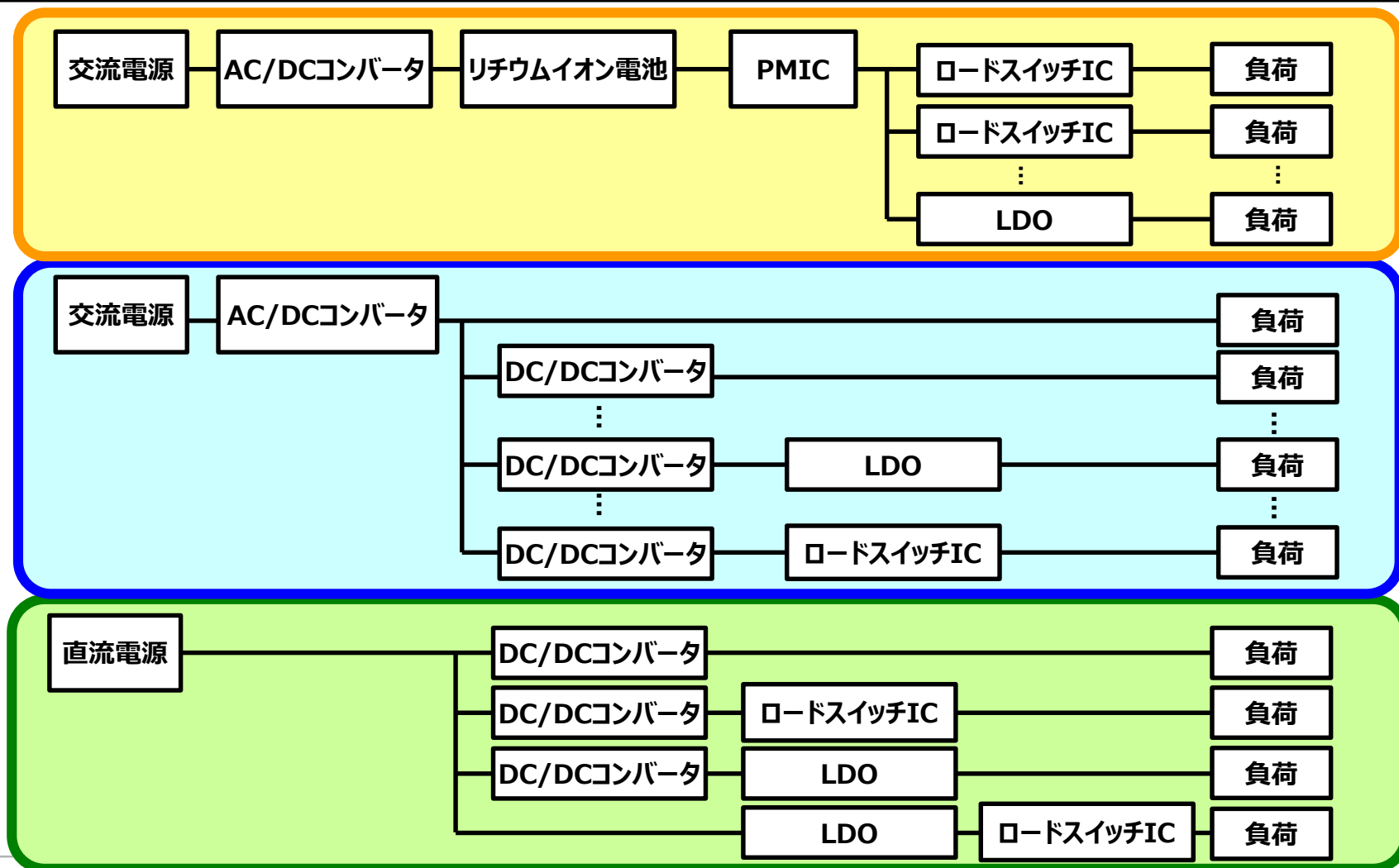
パワーマネージメント用ICには、単純なリニアレギュレータICやスイッチングレギュレータIC、多機能のシステム電源ICの他に、待機時に負荷への電力供給を停止したり、電源シーケンスを制御するロードスイッチICなどが含まれます。

パワーマネージメント用IC



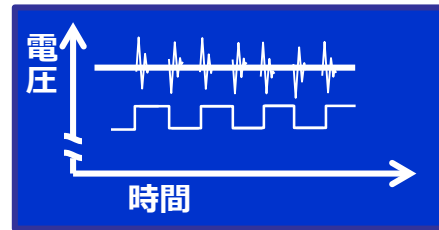
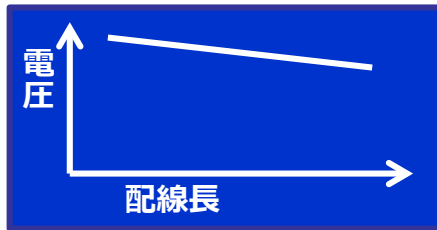
機器の電源構成例

機器内の電源には、システムから要求される仕様によって、さまざまなパワーマネジメント用ICが使用されます。

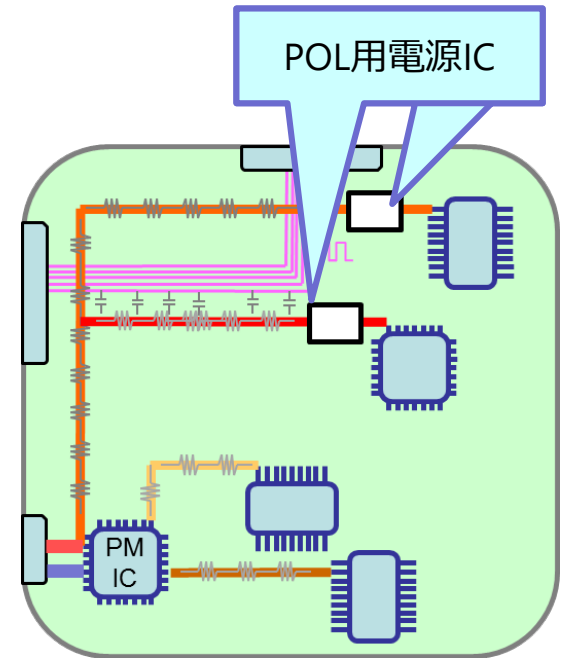
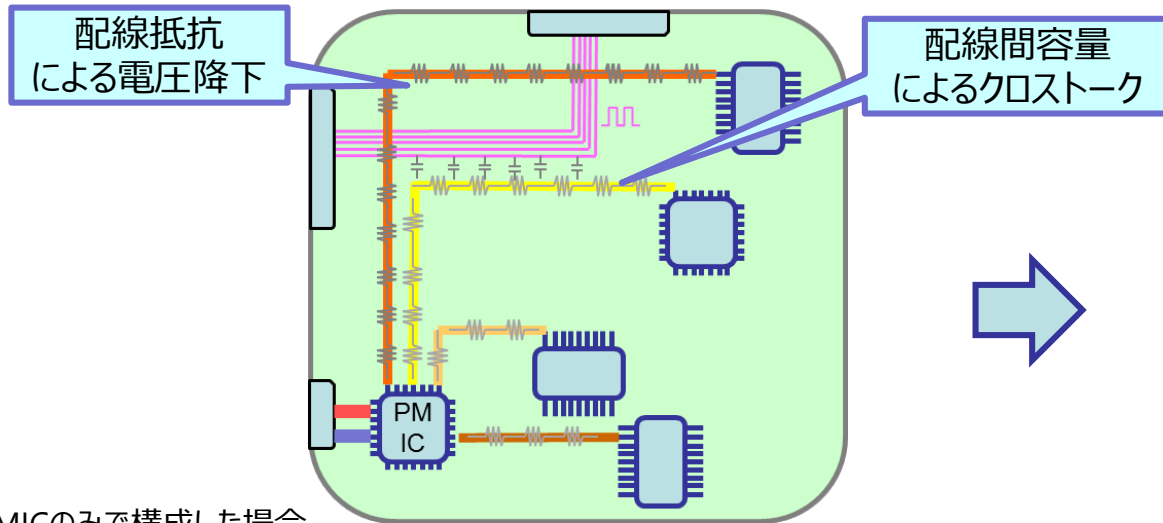


POL用電源IC

使用されるLSIの低電圧化・高機能化により高い電圧精度、低ノイズの電源が求められている一方で、回路基板内の長い配線により、電圧降下やクロストークによる電源ノイズなどが問題となっています。この用途に、負荷端（使用される回路ブロック）近傍で電圧を作成し供給するPOL（Point of Load）用電源ICが注目されています。



使用するLSIの近傍にPOL用電源ICを配置することにより、精度が高く、低ノイズな電圧を供給することが可能です。



配線長の長い部分や、ノイズに厳しい回路では電源ICをLSI近傍に配置する

製品基板における電源イメージ

PMICのみで構成した場合、電圧降下やノイズによりシステムが誤動作することもある

電源ICの種類

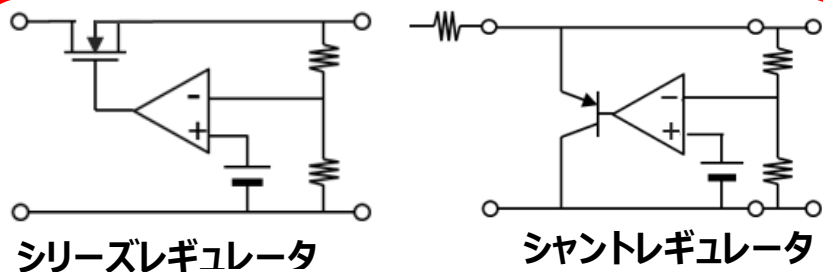
電源ICとしては①リニア型、②スイッチング型があげられます。回路設計者は、これら電源ICを適切に選択し適切な場所に配置することで、機器のパフォーマンスを最大限に引き出しています。

リニア型

LDOや3端子レギュレータに代表されるシリースレギュレータとシャントレギュレータがあります。外付け部品が少なく安価で低ノイズ・高精度のローカル電源を手軽に作り出すことが可能です。ただし、損失が大きく（効率が悪い）、また降圧しかできません。シャントレギュレータは効率が特に悪く、最近では使用されない傾向にあります。

スイッチング型

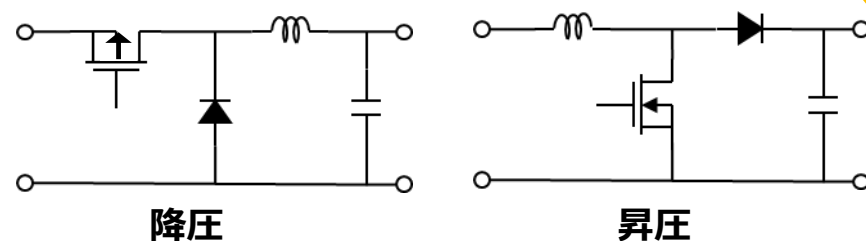
一般的にDC/DCコンバータと呼ばれます。回路構成によって昇圧・降圧のどちらも可能です。損失が少ない（高効率）ですが、コイルなどの外付け部品が必要であり、回路規模が大きく高価となります。直流電圧をスイッチング（～1MHz）して平滑し、所望の直流電圧を生成するので、スイッチングノイズが重畳しノイズが大きくなります。当社ではICの品種は限られていますが、DC/DCコンバータ用途で用いられるMOSFETは多品種展開しています。



シリースレギュレータ

シャントレギュレータ

リニア型



降圧

昇圧

スイッチング型

リニアレギュレータ

リニアレギュレータの動作を説明します

シ리즈レギュレータ

下左図に示すように**外付け部品は不要です**。(入出力のコンデンサなどは必要)

V_{OUT} が一定となるように、MOSFETが可変抵抗器として動作し、出力電圧が定電圧化される仕組みです。

MOSFETのドレイン・ソース間の電位差 ($V_{IN} - V_{OUT}$) \times **入力電流** (I_{IN})**がロスとなります**。例えば入力 5Vで出力が3Vの場合、効率は60%となります。

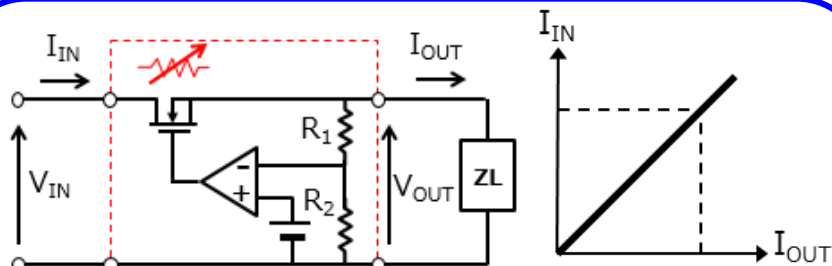
低ノイズや電圧精度の必要な回路の電源として用いられます。

シャントレギュレータ

下右図に示す点線で囲った範囲がICです。**外付け抵抗3点が必要**です。

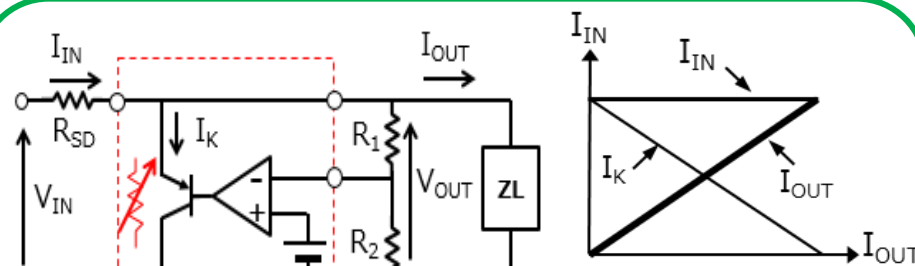
$I_K + I_{OUT} = I_{IN} = \text{一定}$ になるように内蔵のトランジスタが可変抵抗器として動作し、 R_{SD} に発生する電圧が一定となり出力電圧が定電圧化される仕組みです。**出力電流以外にトランジスタに流れるカソード電流が必要**です。また、**入力側の抵抗 R_{SD} で電圧降下があり、効率は低くなります**。

スイッチング型電源の基準電圧やスイッチング電源のフォトカプラドライバなどの**低電流** ($\sim 20\text{mA}$) **用途で使用されます**。



入力電流と出力電流は等しい

シ리즈レギュレータ



出力電流 I_{OUT} とトランジスタに流れる電流 I_K の和は常に一定
 $I_{OUT} + I_K = I_{IN} (\text{Const})$

シャントレギュレータ

スイッチングレギュレータの動作

スイッチングレギュレータの動作を説明します。スイッチングレギュレータには以下の2つの種類があります。

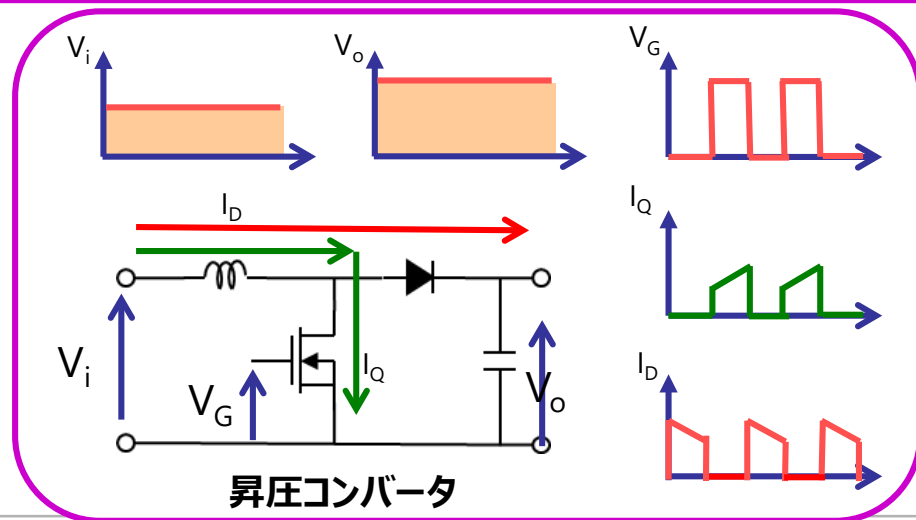
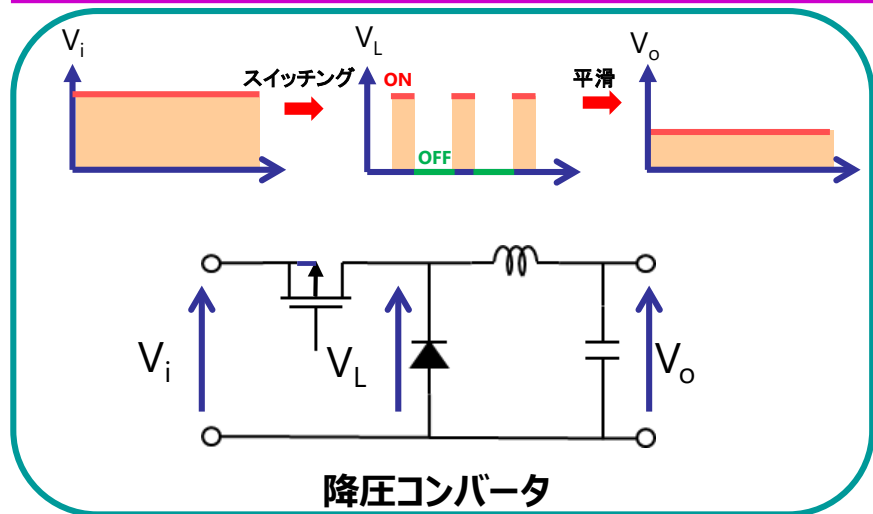
降圧コンバータ

下左図に動作イメージを示します。回路図中のMOSFETがON/OFFを繰り返す事により、矩形波の電圧がコイルに印加されます。この矩形波の電圧を平滑化（平均化）することで、所定のDC電圧が得られます。

矩形波のDuty比により出力電圧が決定されます。

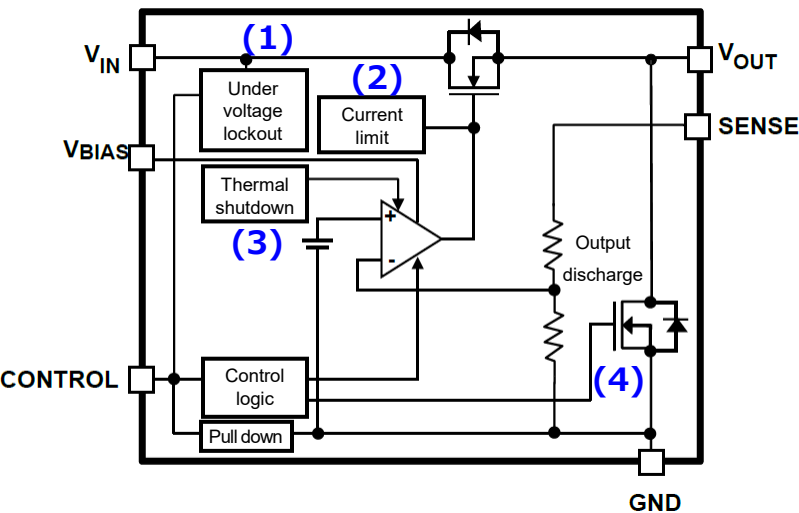
昇圧コンバータ

下右図に示すようにMOSFETがON時には主にMOSFETに流れる電流がコイルに流れています。この時コイルにはエネルギーが蓄積されます。コイルは電流の変化に対し蓄積されたエネルギーを放出して電流の変化を抑えるように動作します。**MOSFETがOFFになった瞬間**にコイルに電流は流れる今までの経路を失いますが、**コイルは電流を継続する性質があるので、電流はダイオードを流れ、コンデンサが充電される事で入力**の電圧を超える電圧が発生します。



LDOの機能

LDOのブロック図例



(1)低電圧誤動作防止機能 (Under voltage lock out : UVLO)

入力電圧が低下したときに、内部回路が不安定となり誤動作しないよう、設定された入力電圧以下となった場合にICをスタンバイ状態にする機能です。

(2)過電流保護回路 (Current limit)

出力端子 V_{OUT} が意図しないショートモード状態となった場合、デバイス自身の発熱による劣化や破壊を保護する機能です。過電流保護の方式には設定値以上の電流が流れると、出力電流と出力電圧を同時に低下させるフォールドバック（フの字）方式や、出力電流は一定で出力電圧を低下させる垂下方式があります。

(3)過熱保護回路 (Thermal shut down : TSD)

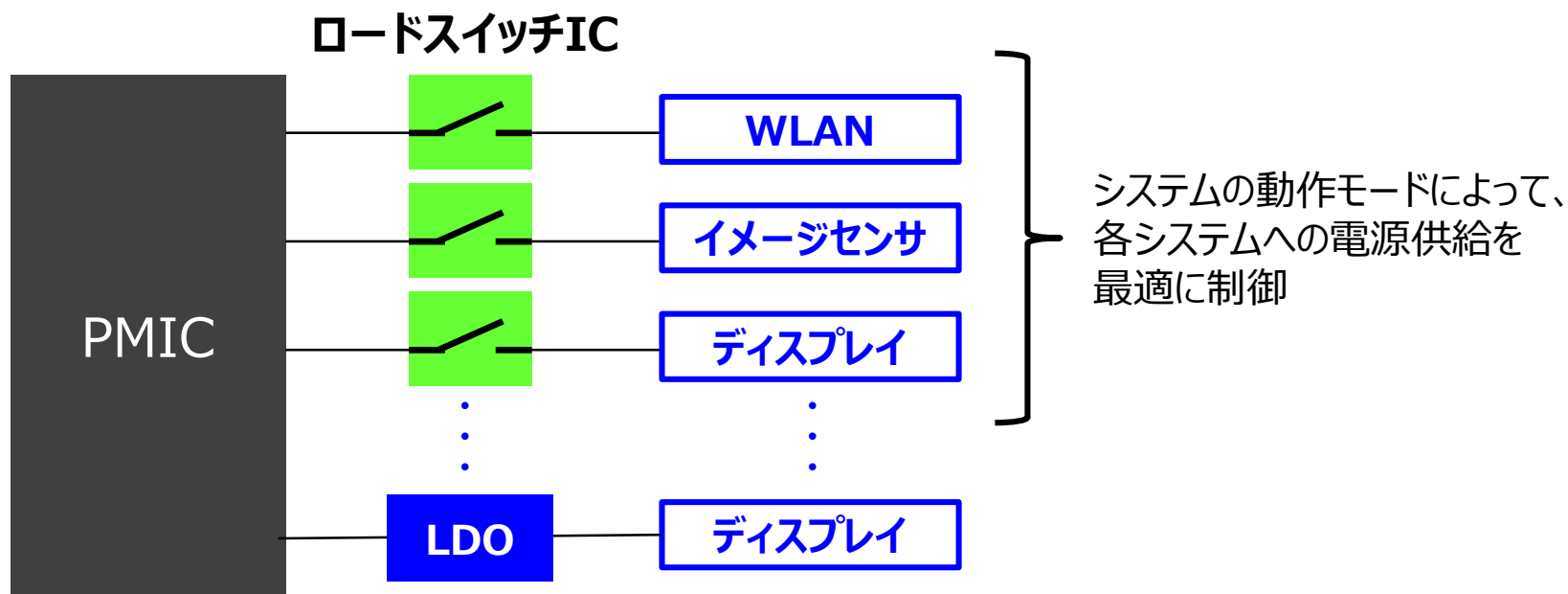
著しい周囲温度の上昇や、意図しない大電流負荷にてデバイス自身の発熱などにより、劣化・破壊を防ぐ回路です。内部の温度検出回路により、規定の温度を検出すると、出力トランジスタのON/OFFを制御します。

(4)出力ディスチャージ回路 (Output discharge)

出力トランジスタがOFF状態となった場合、出力端子に接続された負荷容量によって V_{OUT} の端子電圧が一定時間残存するようになるときに、負荷側に蓄積された電荷を急速に引き抜き V_{OUT} 端子電圧を0V近傍まで落とす回路です。

ロードスイッチIC

ロードスイッチICとは、電源と負荷（Load）となるICやLSIの間に配置され、システムの動作モードによってICやLSIに供給される電源ラインのオン/オフを制御して、消費電力を削減するパワーマネジメント用ICです。メカリレーやディスクリート半導体(MOSFETなど)でも、同様のスイッチを構成することができますが、ロードスイッチICは低消費電力、かつ、さまざまな保護機能を内蔵しており、システムの信頼性向上が期待できます。



ロードスイッチICの機能

ロードスイッチICのブロック図例

(1)低電圧誤動作防止機能 (Under voltage lock out : UVLO)

入力電圧が低下したときに、内部回路が不安定となり誤動作しないよう、設定された入力電圧以下となった場合にICをスタンバイ状態にする機能です。

(2)過熱保護回路 (Thermal shut down : TSD)

著しい周囲温度の上昇や、意図しない大電流負荷にてデバイス自身の発熱などにより、劣化・破壊を防ぐ回路です。内部の温度検出回路により、規定の温度を検出すると、出力トランジスタのON/ OFFを制御します。

(3)逆流防止回路 (True reverse current blocking)

入力電圧 $V_{IN} < 出力電圧 V_{OUT}$ の状態になったときに、 V_{OUT} 端子から V_{IN} 端子への逆流を防止し、 V_{IN} 端子に接続された電源などの破壊などを防止します。

(4)過電流保護回路 (Over current limit)

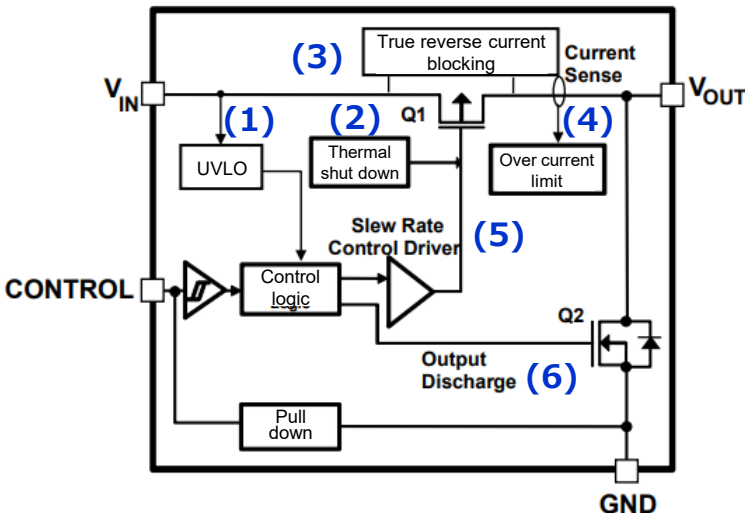
出力端子 V_{OUT} が意図しないショートモード状態となった場合、デバイス自身の発熱による劣化や破壊を保護する機能です。

(5)突入電流抑制回路 (Slew rate control driver)

スイッチング過渡時に生じる突入電流（ラッシュ電流）を抑制する回路です。

(6)出力ディスチャージ回路 (Output discharge)

出力トランジスタがOFF状態となった場合、出力端子に接続された負荷容量によって V_{OUT} の端子電圧が一定時間残存するようになるときに、負荷側に蓄積された電荷を急速に引き抜き V_{OUT} 端子電圧を0V近傍まで落とす回路です。



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、変更、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。

TOSHIBA