

## ロードスイッチ IC の基礎

### 概要

ロードスイッチ IC は、電源と負荷 (Load) の間に配置され、負荷への電源供給を制御するパワーマネジメント用 IC です。メカリレーや MOSFET などの半導体でも、同様のスイッチを構成できますが、ロードスイッチ IC は小型化や低消費電力化が可能です。

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。

**目次**

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1. はじめに .....                   | 4  |
| 2. ロードスイッチ IC とは .....          | 4  |
| 3. ロードスイッチ IC のブロック図と回路説明 ..... | 4  |
| 4. ロードスイッチ IC の損失と接合温度の算出.....  | 16 |
| 5. まとめ.....                     | 16 |
| 6. 関連リンク .....                  | 17 |
| 7. 製品取り扱い上のお願い .....            | 18 |

## 目次

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 図 2.1  | ロードスイッチ使用例.....  | 4  |
| 図 3.1  | ロードスイッチ IC ブロック図 .....                                 | 4  |
| 図 3.2  | Nch MOSFET のゲート印加電圧 .....                              | 5  |
| 図 3.3  | Pch MOSFET のゲート印加電圧.....                               | 5  |
| 図 3.4  | Pch タイプと Nch タイプの $R_{on} - V_{IN}$ 特性の違い.....         | 5  |
| 図 3.5  | チャージポンプ回路の基本動作.....                                    | 6  |
| 図 3.6  | スルーレート抑制回路を非内蔵の.....                                   | 7  |
| 図 3.7  | スルーレート抑制回路を内蔵した.....                                   | 7  |
| 図 3.8  | スイッチオフ時逆流防止機能動作時の.....                                 | 7  |
| 図 3.9  | TCK207G の $I_{REVERSE} - V_{OUT}$ 特性.....              | 7  |
| 図 3.10 | スイッチオフ時の逆流防止機能を内蔵したマルチプレクサー構成例.....                    | 8  |
| 図 3.11 | 常時監視逆流防止機能の動作イメージ図 .....                               | 9  |
| 図 3.12 | TCK111G の $I_{REVERSE}$ と $V_{OUT} - V_{IN}$ 特性例 ..... | 9  |
| 図 3.13 | 過電流保護機能の動作 .....                                       | 10 |
| 図 3.14 | 過熱保護動作.....  | 11 |
| 図 3.15 | 過熱保護回路と動作 .....  | 11 |
| 図 3.16 | 低電圧誤動作防止回路と動作.....                                     | 12 |
| 図 3.17 | 過電圧保護動作 .....  | 13 |
| 図 3.18 | オートディスチャージ機能 .....                                     | 14 |
| 図 3.19 | ディスチャージ波形 .....  | 14 |
| 図 3.20 | FLAG 回路 .....  | 14 |
| 図 3.21 | 入カトレラント機能 .....  | 15 |
| 図 3.22 | プルダウン回路.....   | 15 |
| 図 3.23 | $I_{CT} - V_{CT}$ 特性.....                              | 15 |

### 1. はじめに

モバイル機器やその他の電子機器は、ますます高性能、高機能化が進んでいます。これらの機器ではバッテリーの寿命面から低消費電力を求められる反面、搭載される IC や回路では高機能化によって、より複雑で高度なパワーマネージメント制御が必要となっています。本資料では、システムの低消費電力化と安定した動作を実現するために使用されるロードスイッチ IC と呼ばれる半導体スイッチの動作や内蔵されている機能について解説をします。

### 2. ロードスイッチ IC とは

ロードスイッチとは、電源と負荷の間に直列に接続されたハイサイドスイッチ構成の半導体スイッチです。半導体スイッチの部分は、電圧降下や損失をできるだけ小さくすることが望ましく、主に低オン抵抗の MOSFET が採用されています。ロードスイッチは、機器内の複雑なシステムを確実に動作させるための電源シーケンスの設定や、低消費電力化を目的に動作上不要な回路を切り離す目的で使用されます。

豊富な保護機能や異常状態を外部に出力できる FLAG 機能を内蔵したロードスイッチ IC は、ディスクリート構成のロードスイッチに比較して、小型で、より高い信頼性のシステムを構築することが可能となります。

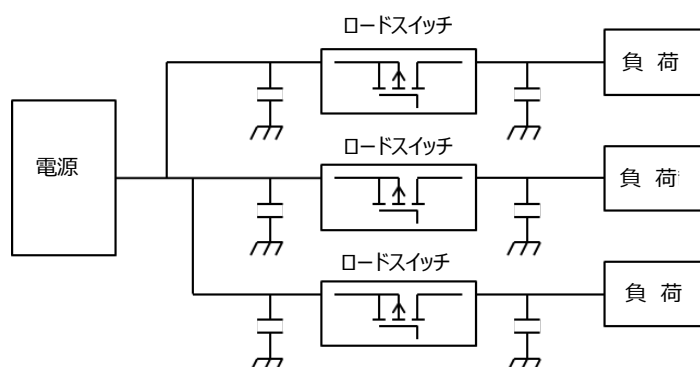


図 2.1 ロードスイッチ使用例

### 3. ロードスイッチ IC のブロック図と回路説明

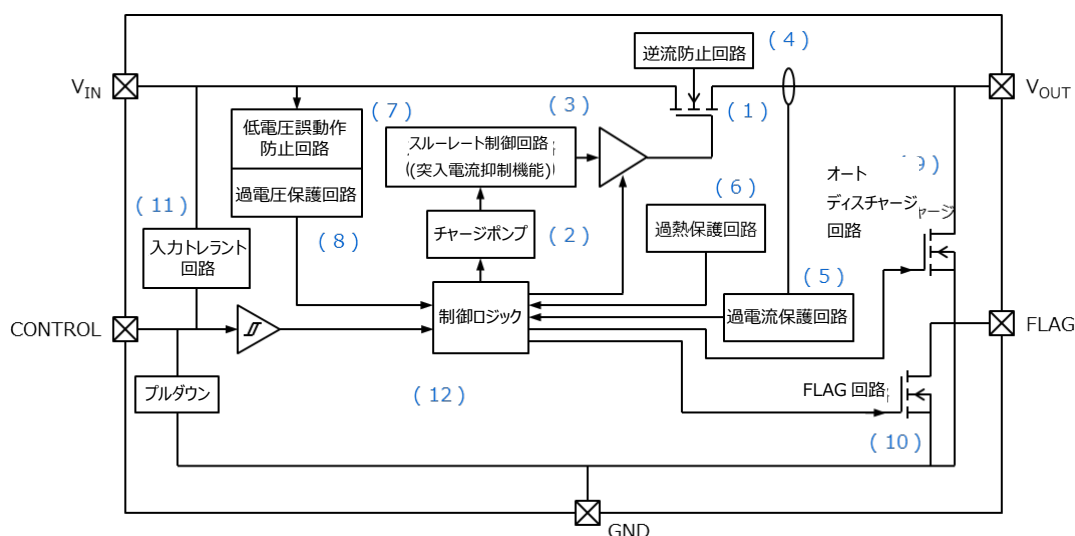


図 3.1 ロードスイッチ IC ブロック図

### (1) 出力段 MOSFET

スイッチ部に使用される出力段の MOSFET は、目的により Nch MOSFET と Pch MOSFET が使い分けられます。Nch MOSFET の電流を流す担い手である電子は、Pch MOSFET の正孔（ホール）に対して移動度が大きいことから、同一面積で比較すると Nch MOSFET の方がオン抵抗を小さくすることができます。

ただし、Nch MOSFET は、オン抵抗が十分に小さいオン領域で動作させるためには、ソースに対してゲートに十分高い電圧を印加する必要があります。ロードスイッチは、ハイサイドスイッチ構成のために Nch MOSFET がオンするとソースとドレインの電位は、ほぼ同一となることからゲートにはドレイン電圧（入力電圧）よりも高い電圧を印加しなければなりません。このため、Nch MOSFET を内蔵したロードスイッチ IC では、ゲート駆動用の昇圧電圧を生成するチャージポンプ回路を内蔵する必要があり消費電流大きくなる傾向はありますが、ロードスイッチとして重要なパラメータであるオン抵抗  $R_{ON}$  が優れるメリットがあります。

これに対して、Pch MOSFET は、ゲートの電位を GND レベルにすることにより、オンさせることが可能なため制御回路が簡単になる反面、低入力電圧時にはゲート・ソース間に十分な電圧が印加できないことから、オン抵抗が大きくなる傾向があります。ただし、Pch MOSFET を採用したロードスイッチ IC ではチャージポンプ回路が不要なため、より低消費電流の製品を実現できるメリットがあります。図 3.4 に示すとおり、Nch MOSFET を採用したロードスイッチ IC では、低入力電圧から良好なオン抵抗特性を得られていることがわかります。

アプリケーションごとに Pch MOSFET と Nch MOSFET を内蔵したロードスイッチ IC を使い分けることで、低消費電力化が実現できます。

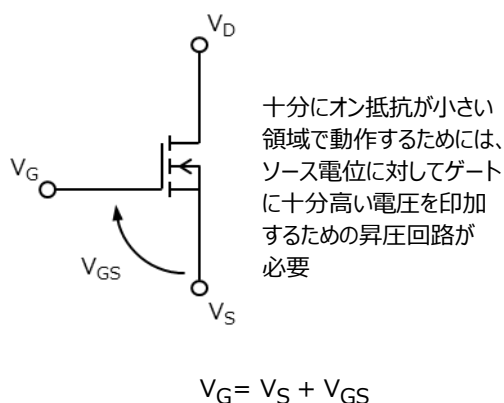


図 3.2 Nch MOSFET のゲート印加電圧

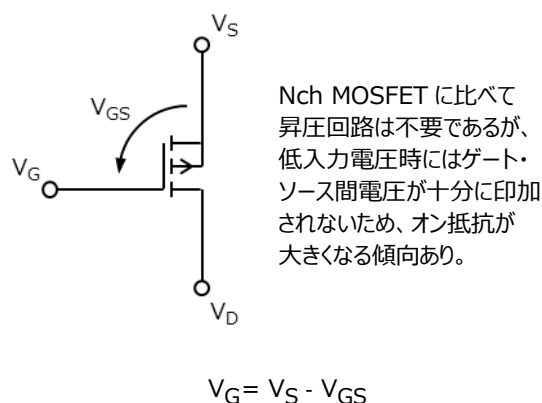


図 3.3 Pch MOSFET のゲート印加電圧

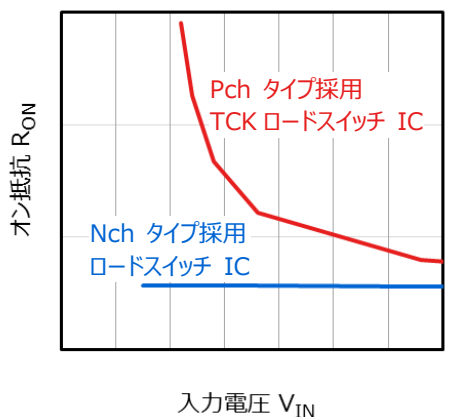


図 3.4 Pch タイプと Nch タイプの  $R_{on} - V_{IN}$  特性の違い

## (2) チャージポンプ回路

チャージポンプ回路とは、Nch MOSFET のゲート駆動電圧生成用の昇圧回路です。図 3.5 に例として Cross Couple 型のチャージポンプ回路の基本動作を示します。この回路では、( a ) と ( b ) の動作を繰り返すことで、負荷に  $V_{DD}$  の 2 倍の電圧を供給することが可能となります。なお、実際の弊社の製品では各製品の特性に応じた形式の昇圧回路が搭載されています。

( a )  $S_1$  と  $S_4$  がオン、 $S_2$  と  $S_3$  がオフ

$S_1$  と  $S_4$  がオンすると、 $C_1$  には  $V_{DD}$  の電圧が充電されます。

( b )  $S_1$  と  $S_4$  がオフ、 $S_2$  と  $S_3$  がオン

$S_2$  と  $S_3$  がオンすると、 $S_2$  と  $S_4$  の中点の電圧  $V_a$  は  $V_{DD}$  となります。このとき、前の状態で  $C_1$  は  $V_{DD}$  に充電されていたため、 $S_1$  と  $S_4$  の中点の電圧  $V_b$  は  $2 \times V_{DD}$  に上昇して、 $C_{OUT}$  を充電します。

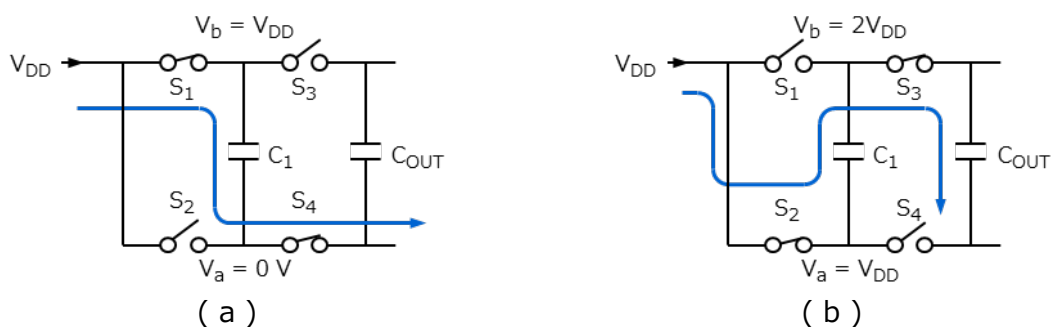


図 3.5 チャージポンプ回路の基本動作

### (3) スルーレート制御回路(突入電流抑制機能)

突入電流抑制は、スルーレート制御回路によって行われます。負荷に大きな容量性負荷が接続された状態で出力段の MOSFET が高速にオンすると、この容量性負荷を充電するための大きな電流が流れます。このとき、ロードスイッチ IC の電源側の基板上に存在する配線インピーダンスによって、瞬時的に  $V_{IN}$  が低下してシステムが不安定になったり、誤動作を招く恐れがあります。このため、出力段の MOSFET の緩やかに ON させることで、ゆっくりと容量性負荷を充電することができ、安定したシステムの立ち上げが可能になる回路がスルーレート制御回路です。

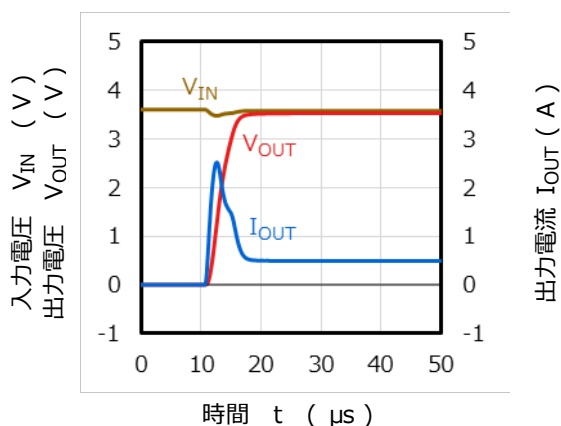


図 3.6 スルーレート抑制回路を非内蔵のロードスイッチ動作波形

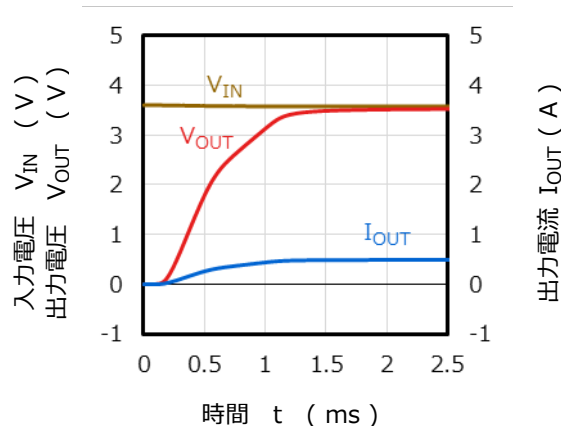


図 3.7 スルーレート抑制回路を内蔵したロードスイッチ動作波形

突入電流抑制回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

### (4) 逆流防止回路

逆流防止回路は、ロードスイッチ IC が出力電圧  $V_{OUT} >$  入力電圧  $V_{IN}$  の状態になったときに、出力端子  $V_{OUT}$  から入力端子  $V_{IN}$  へ電流を逆流させない回路です。

当社では、下記の 2 つのタイプの逆流防止回路を内蔵した製品をラインアップしています。

#### a) スイッチオフ時のみ逆流防止

内蔵されたスイッチ用の MOSFET がオフ時 (コントロール電圧  $V_{CT} = 0$  V) に  $V_{IN} < V_{OUT}$  となり、出力端子  $V_{OUT}$  から入力端子  $V_{IN}$  への逆流を防止します。なお、MOSFET がオンしているときには、逆流防止機能は動作しません。

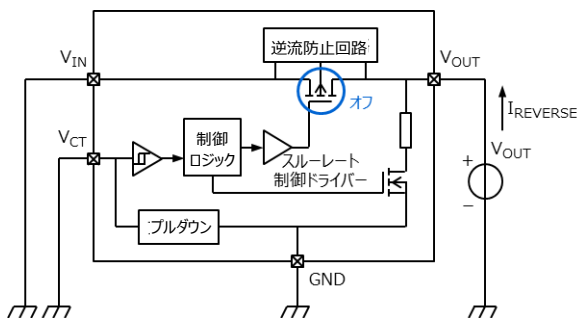


図 3.8 スイッチオフ時逆流防止機能動作時の電位関係例

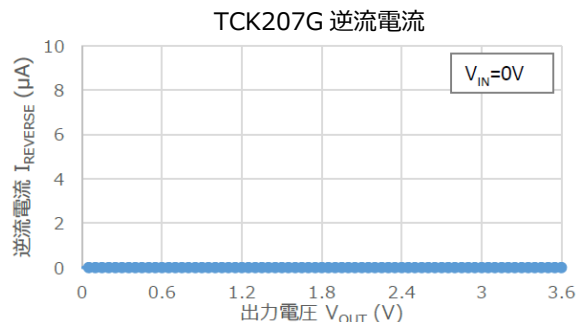


図 3.9 TCK207G の  $I_{REVERSE} - V_{OUT}$  特性

この機能を内蔵したロードスイッチ IC は、図 3.10 のような 1 つの負荷に 2 つの電源を切り替えて供給するパワーマルチプレクサーに使用するとき有用です。

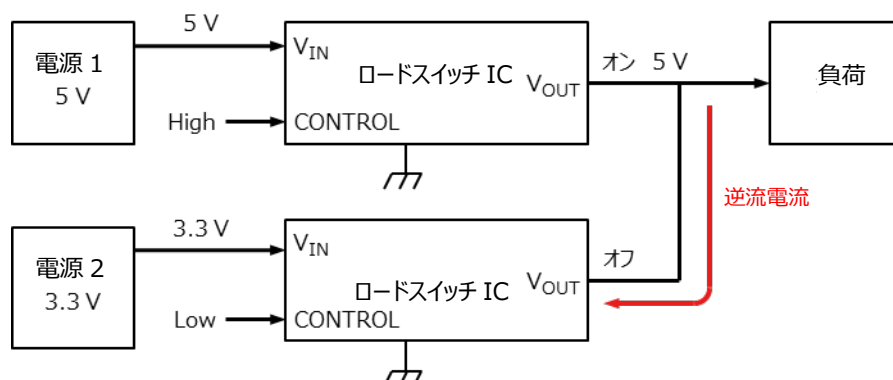


図 3.10 スイッチオフ時の逆流防止機能を内蔵したマルチプレクサー構成例

### b) 常時監視逆流防止

常時監視逆流防止機能は、スイッチ用の MOSFET のオンとオフに関わらず  $V_{OUT}$  端子から  $V_{IN}$  端子への逆流を防止します。 $V_{OUT}$  が  $V_{IN}$  よりも逆流防止回路動作電圧  $V_{RB}$  高くなると、逆流状態と判断して逆流防止回路が動作します。また、 $V_{OUT}$  が  $V_{IN}$  よりも逆流防止回路復帰電圧  $V_{RBR}$  低くなると正常状態に回復したと判断して逆流防止回路が解除されます。常時監視逆流防止機能は、「真の逆流防止機能」や「完全逆流防止機能」とも呼ばれることもあります。

データシート例：[TCK22946G](#), [TCK22951G](#), [TCK2065G](#), [TCK1024G](#)

| 項目         | 記号        | 測定条件  | Tj = 25 °C |      |    | Tj = -40 ~ 85 °C |    | 単位            |
|------------|-----------|---|------------|------|----|------------------|----|---------------|
|            |           |   | 最小         | 標準   | 最大 | 最小               | 最大 |               |
| 逆流防止電流     | $I_{RB}$  | $V_{OUT} = 5.5 \text{ V}, V_{IN} = 0 \text{ V}$<br>RCB active | -          | 0.01 | -  | -                | 2  | $\mu\text{A}$ |
| 逆流防止回路動作電圧 | $V_{RB}$  | $V_{OUT} - V_{IN}$  | -          | 35   | -  | -                | -  | mV            |
| 逆流防止回路復帰電圧 | $V_{RBR}$ | $V_{OUT} - V_{IN}$  | -          | -15  | -  | -                | -  | mV            |

図 3.11 常時監視逆流防止機能の動作のイメージ図を示します。 $V_{OUT} > V_{IN}$  となることで逆流電流  $I_{REVERSE}$  が流れ始めますが、①のタイミングで  $V_{OUT}$  と  $V_{IN}$  の差が逆流防止回路動作電圧  $V_{RB}$  になったときに逆流防止回路が働き、 $I_{REVERSE}$  を抑制します。また、逆流防止回路が働いている状態で  $V_{IN}$  が再び上昇して、②のタイミングで  $V_{IN}$  が  $V_{OUT}$  より逆流防止回路復帰電圧  $V_{RBR}$  分大きくなると逆流防止回路が動作を停止して、出力電流  $I_{OUT}$  が流れ始めます。なお、逆流電流の最大値となる  $I_{PEAK}$  は (3-1) 式により算出することができます。

$$I_{PEAK} = \frac{V_{RB}}{R_{ON}} \quad (3-1)$$

|            |   |                  |     |
|------------|---|------------------|-----|
| $I_{PEAK}$ | : | 逆流電流の最大値         | (A) |
| $V_{RB}$   | : | 逆流防止回路動作電圧       | (V) |
| $R_{ON}$   | : | ロードスイッチ IC の動作電圧 | (V) |



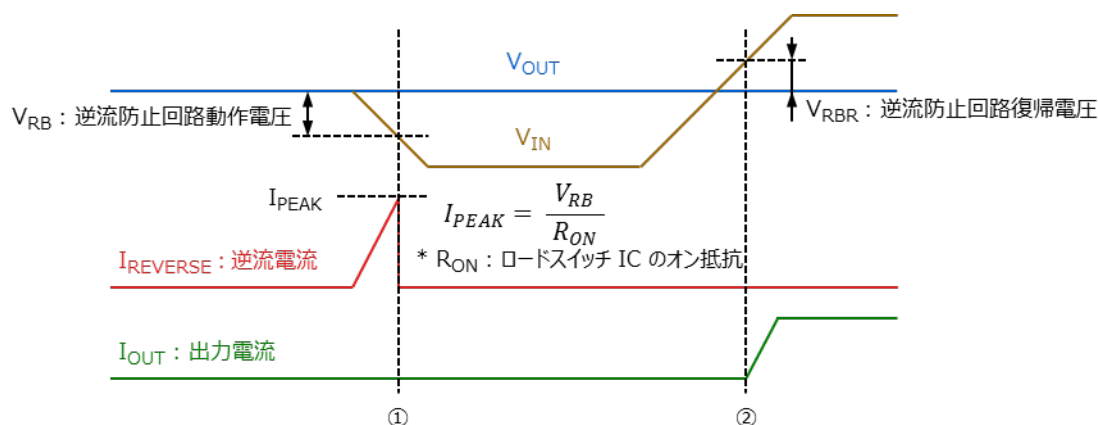


図 3.11 常時監視逆流防止機能の動作イメージ図

図 3.12 は常時監視型逆流防止機能内蔵の TCK111G の逆流防止回路による逆流電流特性の参考例です。①の線（赤線）で示すように、 $V_{OUT}$  と  $V_{IN}$  の差（ $V_{OUT} - V_{IN}$ ）が増加すると  $I_{REVERSE}$  は増加します、約 40mV の差となる A 点の  $V_{OUT} - V_{IN}$  の電圧で逆流防止回路が動作して  $I_{REVERSE}$  が流れなくなります。また、②の線（緑線）で示すように、逆流防止回路が動作後に  $V_{IN}$  が  $V_{OUT}$  よりも約 30 mV 上昇する B 点の電圧で逆流防止回路が停止して順方向に電流が流れ始めます。

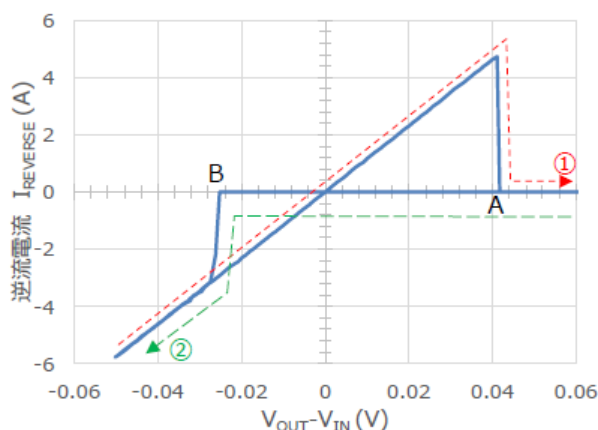


図 3.12 TCK111G の  $I_{REVERSE}$  と  $V_{OUT} - V_{IN}$  特性例

常時監視逆流防止回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

逆流防止機能の詳細な説明については、“ロードスイッチ IC の過電流保護機能と逆流防止機能”をご覧ください。

“ロードスイッチ IC の過電流保護機能と逆流防止機能” アプリケーションノートはこちら→

[Click Here](#)

### (5) 過電流保護回路

過電流保護回路は、 $V_{OUT}$  端子が GND に短絡したときや負荷変動などにより過電流状態となったときに、出力電流を制限してロードスイッチ IC とシステムを保護する回路です。当社のロードスイッチ IC では、フォールドバックタイプ（“フの字特性”とも呼ばれます）の制御方式を採用しています。図 3.13 に過電流保護の動作を示します。IC の出力側で短絡などの異常発生して出力電流  $I_{OUT}$  が増加すると、A 点より  $I_{OUT}$  が増加して B 点の出力制限電流  $I_{CL}$  に達します。 $I_{CL}$  に達するとすると電流制限回路により  $I_{OUT}$  の増加が制限され、出力電圧  $V_{OUT}$  が C 点まで低下します。C 点まで

$V_{OUT}$  が低下すると、フォールドバック回路により、 $V_{OUT}$  と  $I_{OUT}$  がともに低下していきます。このとき、 $V_{OUT} = 0\text{ V}$  となった D 点の電流を短絡電流  $I_{SC}$  と呼びます。

データシート例：[TCK22946G](#), [TCK22891G](#)

| 項目     | 記号       | 測定条件                    | Tj = 25 °C |     |    | Tj = -40 ~ 85 °C |    | 単位 |
|--------|----------|-------------------------|------------|-----|----|------------------|----|----|
|        |          |                         | 最小         | 標準  | 最大 | 最小               | 最大 |    |
| 出力制限電流 | $I_{CL}$ | $V_{IN} = 5.5\text{ V}$ | -          | 400 | -  | -                | -  | mA |

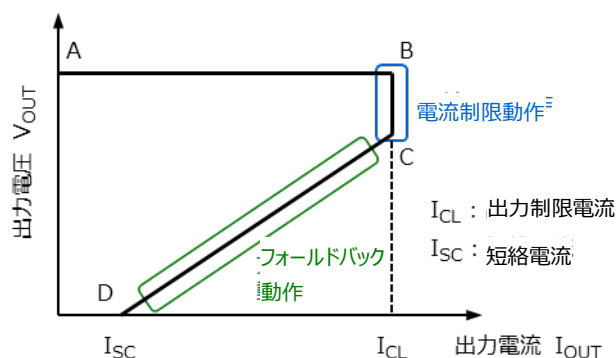


図 3.13 過電流保護機能の動作

当社では、幅広い範囲の出力制限電流の過電流保護機能内蔵した製品をラインアップしています。機器に最適な過電流保護機能を内蔵したロードスイッチ IC は下記より選定してください。

過電流保護回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら → [Click Here](#)

過電流保護能理の詳細な説明については、“ロードスイッチ IC の過電流保護機能と逆流防止機能”をご覧ください。

“ロードスイッチ IC の過電流保護機能と逆流防止機能” アプリケーションノートはこちら → [Click Here](#)

### (6) 過熱保護回路

過熱保護回路とは、サーマルシャットダウン (TSD: Thermal Shut Down) 回路とも呼ばれ、ロードスイッチ IC 内部の接合温度を検出することにより素子保護を行う回路です。周囲温度の急激な上昇やロードスイッチ IC が過電流状態となり自己発熱で接合温度が設定温度まで上昇したときに、ロードスイッチ IC をオフさせます。過熱保護回路が動作して出力がオフすることで、消費電力が減少して接合温度が低下します。接合温度が設定値まで低下すると、過熱保護は解除されて出力は自動的にオンとなります。過熱保護が動作して出力をオフする接合温度と、過熱保護が解除される接合温度の差が過熱保護温度ヒステリシス幅となります。

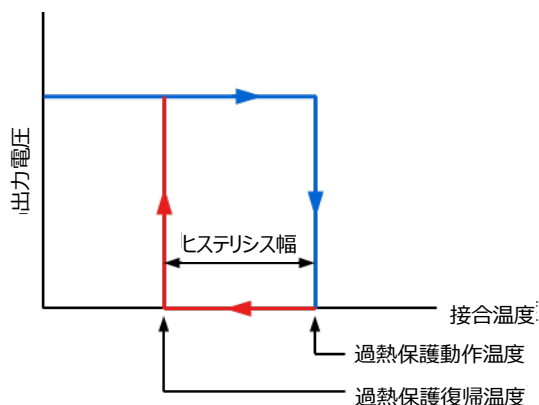


図 3.14 過熱保護動作

接合温度の検出は、図 3.10 に示すように温度に対して出力電圧の変化が少ない基準電圧と、ダイオードの順方向電圧を比較することで行います。ロードスイッチ IC が正常に動作しているときは、基準電圧に対してダイオードの順方向電圧が高い状態となっています。順方向電圧は約  $-2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  の温度係数を持っていることから、負荷に異常が発生し接合温度が上昇して順方向電圧が基準電圧を下回することで、コンパレータが反転してロードスイッチ IC をオフ状態にします。このとき、同時にコンパレータの出力信号により基準電圧を高い電圧に切り替えます。ロードスイッチ IC がオフ状態になることから消費電力は大幅に低減し、これに伴って接合温度も低下して順方向電圧が基準電圧を上回ると、自動的に出力はオン状態となります。

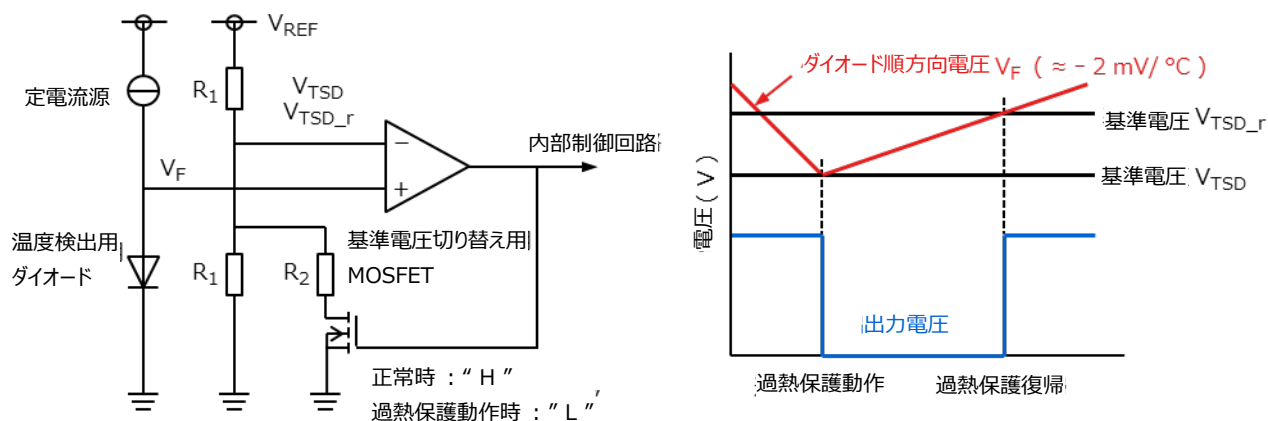


図 3.15 過熱保護回路と動作

過熱保護回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

### (7) 低電圧誤動作防止回路

$V_{IN}$  が低下してロードスイッチ IC の後段に接続される IC や回路の最低動作電圧を下回ることにより、システムが誤動作しないように  $V_{IN}$  が  $V_{UVL\_FA}$  まで低下すると出力をオフ状態にする回路が低電圧誤動作防止回路です。低電圧誤動作防止回路にはヒステリシスが設定されており、“H”レベルの CONTROL 電圧が印加された状態のままで  $V_{IN}$  が設定値  $V_{UVL\_RI}$  まで上昇すると、出力は自動的にオン状態となります。低電圧誤動作防止機能は、図 3.16 のように  $V_{IN}$  とロードスイッチ IC 内部の基準電圧をコンパレータで比較することによって動作します。 $V_{IN}$  が基準電圧  $V_1$  を下回るとコンパレータが反転して、出力をオフ状態に遷移します。コンパレータが反転するとともに、基準電圧切り替え用の Nch

MOSFET がオフして基準電圧が高いレベルに切り替わります。その後、 $V_{IN}$  が上昇して切り替わった基準電圧  $V_2$  を上回ると、再びコンパレータが反転して出力はオン状態となります。

データシート例 : [TCK301G](#), [TCK302G](#), [TCK303G](#), [TCK304G](#), [TCK305G](#)

| 項目                  | 記号            | 測定条件 | Tj = 25 °C |                     |    | Tj = - 40 ~ 85 °C |     | 単位 |
|---------------------|---------------|------|------------|---------------------|----|-------------------|-----|----|
|                     |               |      | 最小         | 標準                  | 最大 | 最小                | 最大  |    |
| 低電圧保護しきい値(VLO) 上昇時  | $V_{OVL\_RI}$ | -    | -          | 2.9                 | -  | 2.3               | 3.5 | V  |
| 低電圧保護しきい値(OVLO) 下降時 | $V_{OVL\_FA}$ | -    | -          | $V_{UVL\_RI} - 0.3$ | -  | -                 | -   | V  |

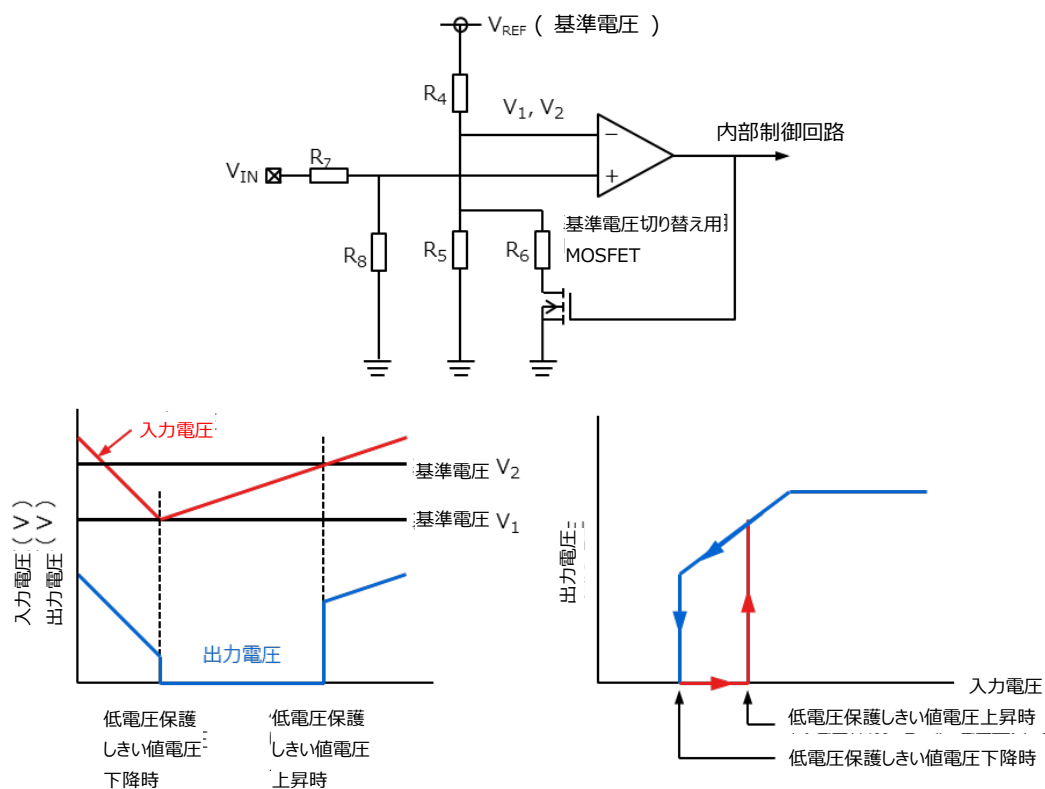


図 3.16 低電圧誤動作防止回路と動作

低電圧誤動作防止回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

### (8) 過電圧保護回路

$V_{IN}$  が過電圧保護しきい値電圧上昇時  $V_{OVL\_RI}$  まで上昇すると、 $V_{OUT}$  端子に接続された IC や回路を保護するために出力をオフさせる回路です。 $V_{IN}$  が低下して過電圧保護しきい値下降時  $V_{OVL\_FA}$  以下となると、出力は自動的に復帰してオンとなります。過電圧保護回路も、低電圧誤動作防止回路と同様に、 $V_{IN}$  の電圧と内部の基準電圧を比較することで保護を行います。

データシート例：[TCK301G](#)

| 項目                 | 記号            | 測定条件 | Tj = 25 °C |                      |    | Tj = -40 ~ 85 °C |     | 単位 |
|--------------------|---------------|------|------------|----------------------|----|------------------|-----|----|
|                    |               |      | 最小         | 標準                   | 最大 | 最小               | 最大  |    |
| 過電圧保護しきい値(OVLO)上昇時 | $V_{OVL\_RI}$ | -    | -          | 6.6                  | -  | 5.9              | 7.3 | V  |
| 過電圧保護しきい値(OVLO)下降時 | $V_{OVL\_FA}$ | -    | -          | $V_{OVL\_RI} - 0.35$ | -  | -                | -   | V  |

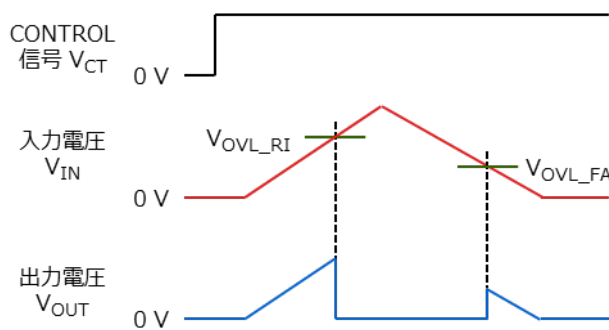


図 3.17 過電圧保護動作

過電圧保護回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

### (9) オートディスチャージ回路

容量性負荷が接続されたシステムでロードスイッチ IC がオフすると、容量性負荷の電荷が保持された状態となり複数のロードスイッチが存在するシステムでは適切な電源シーケンスを設定することができません。出力ディスチャージ回路は、ロードスイッチ IC がオフとなったときに、 $V_{OUT}$  端子 - GND 間に内蔵された MOSFET をオンさせて容量性負荷に蓄えられた電荷を急速に放電することで容量の大きな出力コンデンサーが接続されている場合でも、放電時間を短くすることができシステムの電源シーケンスの設定を容易にすることができます。

なお、データシートに記載されている出力ディスチャージオン抵抗  $R_{SD}$  は、この電荷放電用 MOSFET のオン抵抗値が記載されています。

データシート例：[TCK107AF](#), [TCK108AF](#)

| 項目            | 記号       | 測定条件 | 最小 | 標準  | 最大 | 単位       |
|---------------|----------|------|----|-----|----|----------|
| 出力ディスチャージオン抵抗 | $R_{SD}$ | -    | -  | 100 | -  | $\Omega$ |

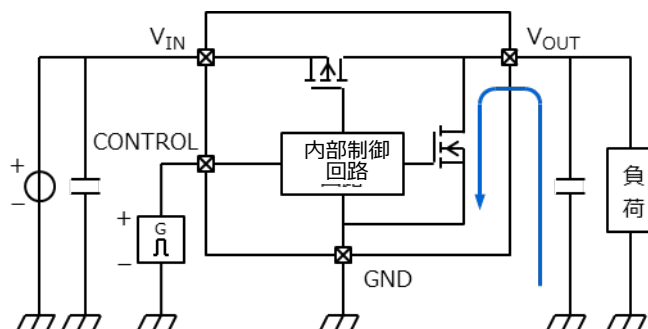


図 3.18 オートディスチャージ機能

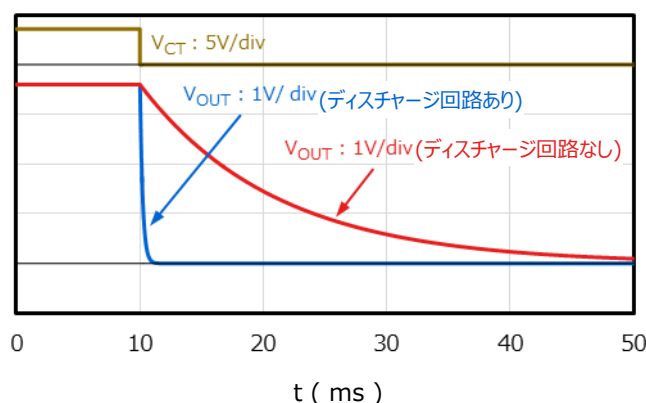


図 3.19 ディスチャージ波形

オートディスチャージ回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

### (10) FLAG 回路

低電圧誤動作防止回路、過電圧保護回路および過熱保護回路が動作したとき、たとえば FLAG 端子出力を " L " → " H "へ変化させてシステムの異常が発生していることをロードスイッチ IC 外部へ出力する診断機能です。FLAG 端子は、オープンドレイン構造となっており、外付けの抵抗でプルアップして使用してください。なお、詳細な使い方については製品毎に異なりますので、データシートを参照ください。

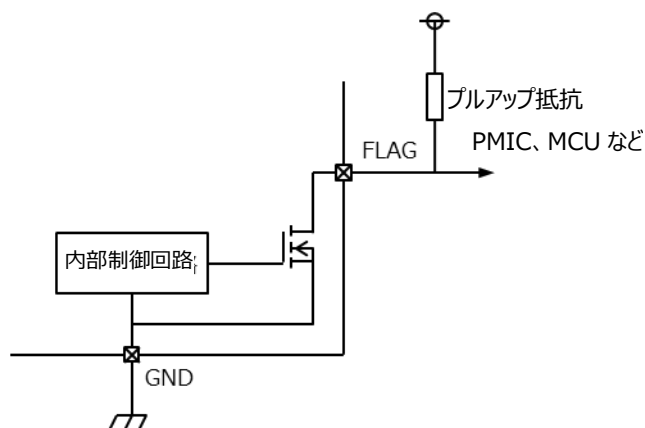


図 3.20 FLAG 回路

FLAG 回路内蔵ロードスイッチ IC 製品のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

### ( 11 ) 入カトレント回路

入カトレント回路とは、CONTROL 端子電圧  $V_{CT}$  が  $V_{IN}$  以上に高くなったときや、 $V_{IN} = 0\text{ V}$  となったときでも CONTROL 端子から入力端子へ電流が流れ込むことを防止する回路です。CONTROL 端子にオン信号を入力された状態で、 $V_{IN}$  が入力されるような使用方法の場合には、CONTROL 端子にトレント機能が内蔵された製品を使用してください。入カトレント回路を内蔵していない製品では、 $V_{IN}$  を印加して電圧が安定した後、CONTROL 信号を入力してください。

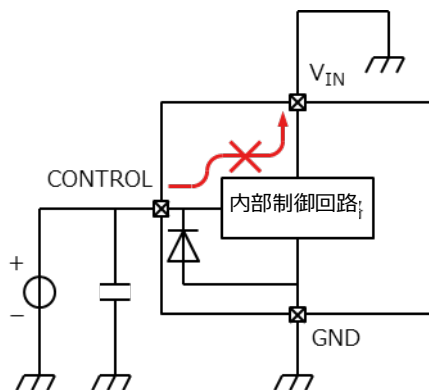


図 3.21 入カトレント機能

### ( 12 ) プルダウン回路

CONTROL 端子がオープンになったときに、内部回路が不定状態とならないように、一般的に CONTROL 端子と GND 端子間にはプルダウン抵抗が接続されています。当社のロードスイッチ IC では、コントロールプルダウン電流  $I_{CT}$  の削減を目的に、抵抗の代わりに図 3.22 のような Depletion 型の NMOSFET が接続されています。この MOSFET により、CONTROL 端子 - GND 端子間は、図 3.23 のように、ほぼ一定の電流値が流れます。

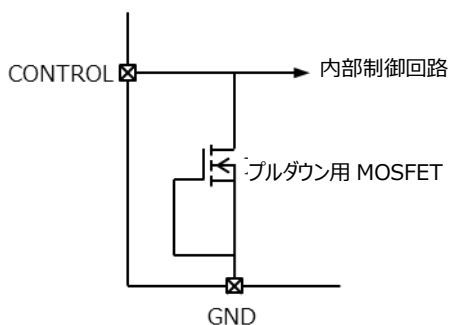


図 3.22 プルダウン回路

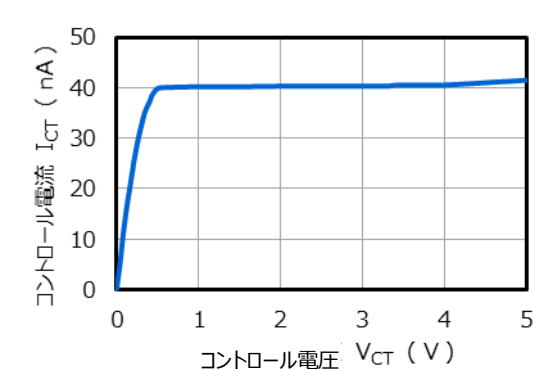


図 3.23  $I_{CT} - V_{CT}$  特性

## 4. ロードスイッチ IC の損失と接合温度の算出

ロードスイッチ IC の損失  $P_D$  は、( 4 - 1 ) 式により求めることができます。なお、 $V_{IN} \times I_Q$  の項が  $I_{OUT}^2 \times R_{on}$  の項に対して非常に小さい場合には無視することも可能です。

$$P = I_{OUT}^2 \times R_{ON} + V_{IN} \times I_Q \quad (W) \quad (4-1)$$

|           |   |          |              |
|-----------|---|----------|--------------|
| $I_{OUT}$ | : | 出力電流     | ( A )        |
| $R_{ON}$  | : | オン抵抗     | ( $\Omega$ ) |
| $V_{IN}$  | : | 入力電圧     | ( V )        |
| $I_Q$     | : | オン時の消費電流 | ( A )        |

また、最大接合温度  $T_{j(max)}$  は、( 5 - 2 ) 式から求められます。

$$\begin{aligned} T_{j(max)} &= P \times R_{th(j-a)} + T_a \\ &= P \times \frac{T_j - 25 \text{ }^\circ\text{C}}{P_D} \\ &\quad + T_a \\ &= P \\ &\quad \times \frac{150 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C}}{P_D} \quad (^\circ\text{C}) \\ &\quad + T_a \end{aligned} \quad (4-2)$$

|          |   |                               |                                 |
|----------|---|-------------------------------|---------------------------------|
| $P$      | : | ロードスイッチ IC の損失                | ( W )                           |
| $P_D$    | : | データシートで規定されたサイズの基板に実装した時の許容損失 | ( W )                           |
| $R_{th}$ | : | 熱抵抗                           | ( $^\circ\text{C} / \text{W}$ ) |
| $T_j$    | : | 接合温度絶対最大定格値                   | ( $^\circ\text{C}$ )            |
| $T_a$    | : | 周囲温度                          | ( $^\circ\text{C}$ )            |

## 5. まとめ

本資料では、ロードスイッチ IC の電気的特性や保護機能などのデータシートに記載されている基礎的な内容について説明しました。ロードスイッチ IC はモバイル機器をはじめとした電子機器のパワーマネジメントに非常に有効な製品であり、当社では、低損失化が可能な低オン抵抗製品をはじめとして、各種の保護機能を内蔵した製品ラインアップを取り揃えています。ロードスイッチ IC のご使用いただく際には、本アプリケーションノート等をご参考の上、是非弊社ラインアップをご検討いただくと幸いです。

ロードスイッチ IC ご紹介ページはこちら → [Click Here](#)



### 6. 関連リンク

- 製品のラインアップ (カタログ)

[Click](#)

- 製品のラインアップ (詳細)

[Click](#)

- 製品のラインアップ (パラメトリックサーチ)

[Click](#)

- オンラインディストリビュータご購入、在庫検索



- ロードスイッチ IC の FAQ

[Click](#)

- アプリケーションノート

[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（ヘルスクエア除く）、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。