

# ロードスイッチ IC

## 1. はじめに

ロードスイッチ IC は、出力トランジスタおよび駆動回路で構成される電源用 IC です。  
ロードスイッチ IC の応用分野としましては、

- スマートフォン
- 携帯電話
- タブレット端末
- デジタルカメラ
- ゲーム機器
- ノート PC および周辺機器
- ポータブル AV 機器

など、幅広い電子機器にご使用できます。特に個々のデバイスの小型化ニーズが高まっているスマートフォンやタブレット端末に代表される小型携帯機器では、非常に緻密な電源制御を実施する必要があり、かつ機器内で使用される各種デバイスのパフォーマンスを最適化させるために、多くの種類の電源を必要としています。

このようなニーズに対して、各種電源用 IC を複数個、一つの IC 内に搭載する複合電源 IC (Power Management IC 以下、PM-IC) も商品化されていますが、日進月歩で進んでいくスマートフォンやタブレット端末の高性能化、高機能化の流れの中で、PM-IC の持つチャンネル数や電源性能では、新たな顧客要求を満たせていないケースもあります。このような場合、ロードスイッチ IC は PM-IC の機能を補完する事が可能です。

ロードスイッチ回路は、MOSFET に代表されるディスクリート構成が一般的ですが、ロードスイッチ IC は、複数の素子を必要とするディスクリート構成の回路に比べ、大幅な省スペース化が図れ、また様々な付加機能を有しているため制御が容易であり、複雑化する電源システムに最適なデバイスとなっております。

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回路に比べて以下のメリットがあります

- 部品点数が少なく、省スペース化が可能
- 過熱保護・過電流保護など、充実した保護機能を搭載
- 突入電流抑制や電源シーケンス制御により設計負担を軽減
- 低電圧動作保証
- 全温度保証対応

このアプリケーションノートではロードスイッチ IC の基本的な回路を紹介いたします。皆様の回路設計のご参考になれば幸いです。

## 2. ロードスイッチ IC の基礎知識

ロードスイッチ IC について簡単に概要を説明します。

### ●ロードスイッチ IC の基本回路

ロードスイッチ IC の基本回路を Fig.1 に示します。

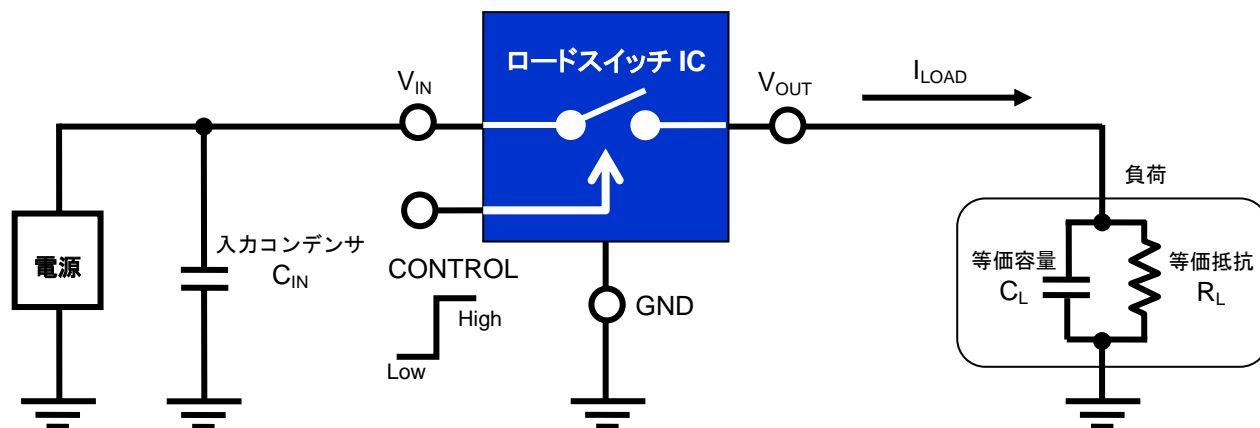


Fig.1 ロードスイッチ IC の基本回路例

ロードスイッチ IC は、入力電圧  $V_{IN}$  に接続された電源と出力電圧  $V_{OUT}$  に接続された負荷を直列に接続し、CONTROL 端子（シャットダウン端子、イネーブル端子とも呼ばれます）のロジック制御にてロードスイッチ IC の ON/OFF を制御します。出力電圧  $V_{OUT}$  は、入力電圧  $V_{IN}$  に対して、負荷側の等価抵抗  $R_L$  で定められる出力電流  $I_{LOAD}$  とロードスイッチ IC 内部の出力トランジスタの内部抵抗に応じたドロップアウト電圧を差し引いた電圧を供給いたします。

$$\text{出力電圧 } V_{OUT} = \text{入力電圧 } V_{IN} - (\text{出力電流 } I_{LOAD} \times \text{内部出力トランジスタの抵抗値})$$

一般的にロードスイッチ IC の出力トランジスタは、汎用的な電源スイッチとして使用される LDO レギュレータ（Low Drop-Out regulator、以下 LDO）IC に比べ、低抵抗のトランジスタを搭載しており、100 mA 以下の比較的軽負荷なアプリケーションから 500 mA を超えるアプリケーションまで幅広くご使用できます。

供給元の電源については、リチウムイオンに代表される電池そのものや、PM-IC の出力電源など用途によって異なります。特に PM-IC のようにスイッチング電源になると入力電圧  $V_{IN}$  にノイズ(リップル)が発生する場合があります。理想的な電源を供給するには、LDO の使用によるノイズ除去が有効ですが、上述したように比較的軽負荷の用途や、十分な入力電圧が必要となり使用は限定的です。(LDO 詳細使用に関しては弊社アプリケーションノートを参照ください)。ロードスイッチ IC では供給元の電源をそのまま負荷にスイッチするためノイズ除去機能はありませんが、安定した電源を供給するには入力コンデンサ  $C_{IN}$  を使用することが効果的です。また、一般的にロードスイッチ IC は内部に様々な付加機能を有しています。製品タイプ別に様々な機能を搭載しており、以降では東芝 TCK10xG シリーズを例にとり、それぞれの機能とブロック図を説明します。

●ロードスイッチ IC の機能一覧とブロック図

ロードスイッチ IC の機能を Fig.2、ブロック図の代表例を Fig.3 に示します。

製品名	機能					
	突入電流抑制回路	過熱保護回路	過電流保護回路	出力ディスチャージ回路	逆流防止回路	コントロール回路
TCK101G	搭載	搭載		搭載		プルダウン 接続 (Active High)
TCK102G	搭載	搭載				
TCK104G	搭載	搭載	搭載 (最大 500mA まで使用可能)	搭載		
TCK105G	搭載	搭載	搭載 (最大 800mA まで使用可能)	搭載		
TCK106G	搭載					
TCK107G	搭載			搭載		
TCK108G	搭載			搭載		オープン (Active Low)
TCK111G	搭載	搭載			搭載	プルダウン 接続 (Active High)
TCK112G	搭載	搭載		搭載	搭載	
TCK206G	搭載				搭載	
TCK207G	搭載			搭載	搭載	
TCK208G	搭載			搭載	搭載	オープン (Active Low)

Fig.2 ロードスイッチ IC 機能一覧

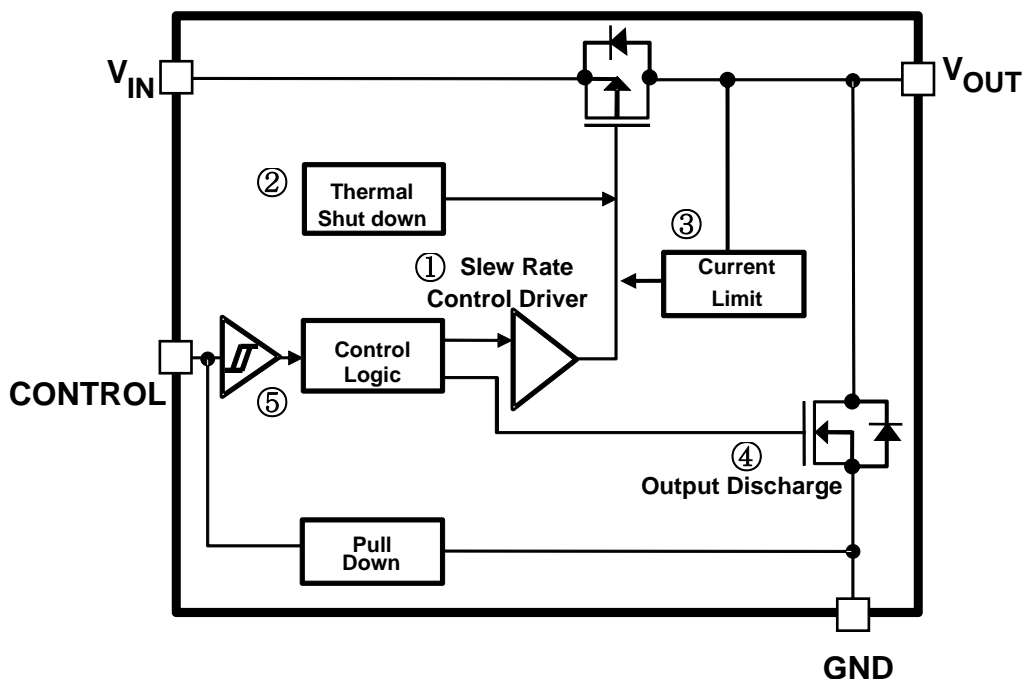


Fig.3 TCK104G, TCK105G のブロック図

以下、それぞれの回路・機能について簡単に説明します。

#### ① 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（ラッシュ電流とも呼称されます）を抑制するスルレートコントロールドライバ回路（スロースタート回路なども対象とされます）です。複数の供給元となる PM-IC から電源供給されているケースでは、個々の過渡的なスイッチング時における突入電流が著しく大きくなった場合、一時的に PM-IC の電流容量値を超えてしまい、シャットダウンなどの誤動作やシステムトラブルを引き起こす可能性があります。また、負荷側においても同様のケースが想定され、こういった状況を防ぐために突入電流の抑制が求められます。

実際の突入電流値は内部のドライバ回路の時定数で定まるスロースタート回路と、負荷側の内部等価容量  $C_L$  および等価抵抗  $R_L$  によって、出力電圧  $V_{OUT}$  の起動時間や過渡時の突入電流の値が決定されます。また、上述の方式のほか、②の過電流保護回路特性を利用し、立ち上がり時に出力電流制限をかけ、突入電流を抑制する方式もあります。Fig.3 に示す、過電流保護機能を有する TCK104G, TCK105G についてはこの回路方式を応用しております。Fig.4 に過電流保護回路を利用した突入電流抑制のイメージ図を示します。

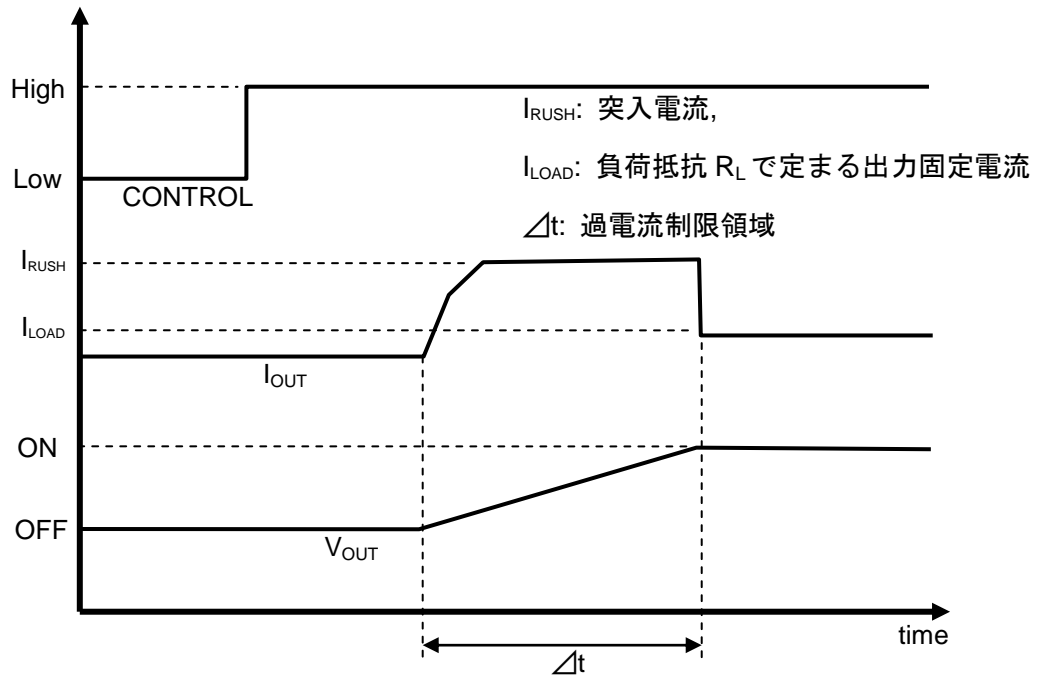


Fig.4 TCK104G,TCK105G 突入電流特性イメージ図

$V_{OUT}$  が徐々に立ち上がる  $\Delta t$  の区間は、後述する過電流保護回路のリミット電流値( $I_{CL}$ )を応用して立ち上がり時の突入電流を抑制します。実際の挙動は、入力電圧値  $V_{IN}$ ( $\equiv$ 出力電圧  $V_{OUT}$ )や、負荷容量・負荷抵抗によって変化します。

## ② 過熱保護回路 (Thermal Shutdown; 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過熱保護回路が動作し、出力トランジスタの ON/OFF を制御いたします。TCK10xG シリーズにおいて、検出温度は絶対最大定格におけるチップジャンクション温度( $T_J$ )  $150^{\circ}\text{C}$ を超える範囲で設計されています。

TCK10xG シリーズの過熱保護回路動作を Fig.5 に示します。ある定められたヒステリシス幅をもっており、検出される温度によって自動的に ON/OFF 動作をおこないます。

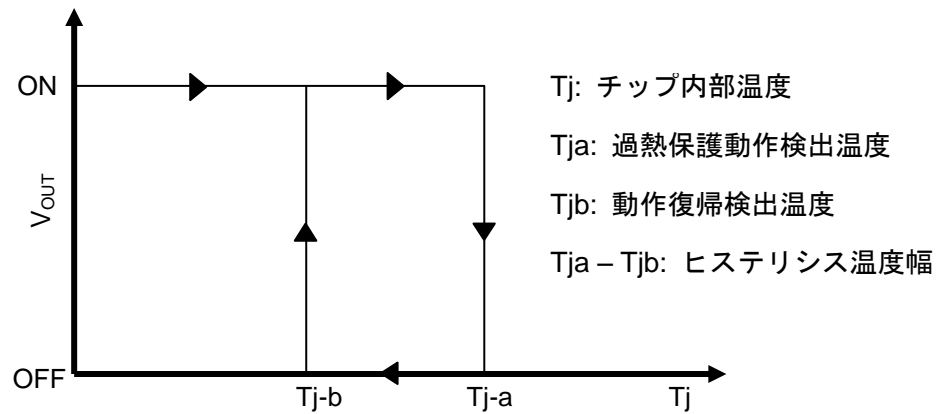


Fig.5 過熱保護回路動作イメージ図

なお TCK10xG におきまして、過熱保護回路がはたらく検出温度や、動作の復帰温度については、デバイスの動作を常に最大定格内に抑える事を保証するものではありません。本デバイスのご使用にあたっては、上記及び当社「半導体信頼性ハンドブック」等に記載の絶対最大定格に対するデレーティングを考慮の上、いかなる場合においても絶対最大定格を超えないようご注意ください。なお、セットにおいてフェールセーフ等の十分な安全対策を施すことを推奨いたします。

### ③ 過電流保護回路 (Current Limit)

一般的に、出力  $V_{OUT}$  端子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。カレントリミット(Current Limit)、または OCP (Over Current Protection)とも呼称されます。

TCK10xG シリーズの過電流保護動作は Fig.6 に示すとおり、フォールドバックタイプの保護回路("フ"の字特性と呼称されます)制御方式を採用しております。本機能は LDO に一般的に広く用いられている制御と同様です。

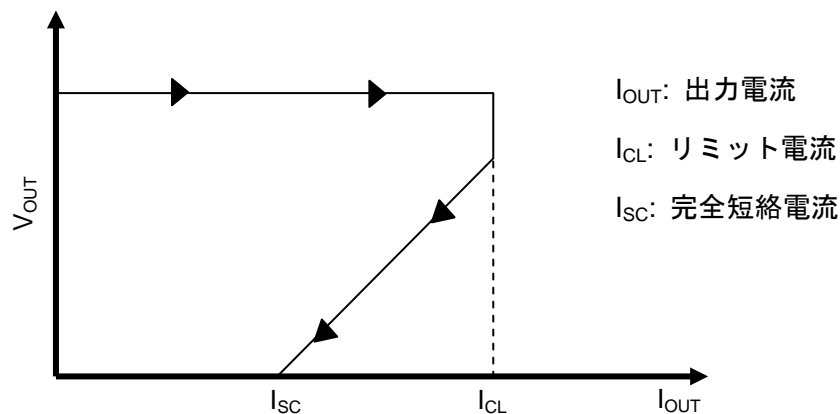


Fig.6 過電流保護回路動作イメージ図

出力端子  $V_{OUT}$  がショートモード状態となった場合、出力電流  $I_{OUT}$  が定められたリミット電流  $I_{CL}$  に到達すると、過電流保護回路が動作し、出力電流、出力電圧を上図のように絞ります。完全短絡状態( $V_{OUT}=GND$ )においては、 $V_{OUT}=0V$ 、 $I_{OUT}=I_{SC}$  となります。完全短絡状態から開放された場合、正常動作に復帰します。

なお、出力端子が完全短絡ではなく、ハーフショート状態にある場合には、上記のような理想的な動作になりません。また、入力電圧値  $V_{IN}$  ( $\approx$  出力電圧  $V_{OUT}$ ) によって、 $I_{CL}$  の動作ポイントも異なります。

TCK10xG の過電流保護回路動作は、過熱保護回路と同様に、デバイスの動作を常に最大定格内に抑える事を保証するものではございませんので十分にご注意ください。

#### ④ 出力ディスチャージ回路 (Output Discharge)

ロードスイッチ IC の出力トランジスタが ON から、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は、OFF 状態となっても  $V_{OUT}$  端子に電位が一定時間残存する場合があります。複数の電源を要し、定められた時間内で緻密な電源制御をおこなうケースでは、負荷アプリケーションの制御が困難になります。このような問題を解決するために、出力ディスチャージ回路が必要となります。

出力ディスチャージ回路は、負荷側に蓄積している電荷をすばやくひきぬくために、出力端子  $V_{OUT}$  に接続されたトランジスタを介して負荷側に蓄積している電荷をひきぬく回路です。ディスチャージ回路がある場合とない場合では Fig.7 で示される挙動となります。

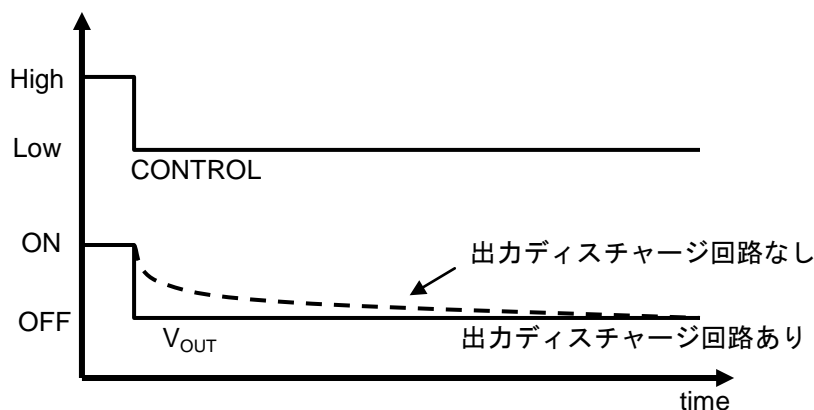


Fig.7 過電流保護回路動作イメージ図

#### ⑤ コントロール回路 (Control Logic)

コントロール回路は、入力電圧  $V_{IN}$  を電源とする回路で、出力トランジスタや出力ディスチャージ用のトランジスタを動作させる回路です。TCK10xG シリーズは、Active High、Active Low 製品があり、入力シュミット付きコントロール電圧によって ON/OFF 動作を行います。TCK104G, TCK105G において、Active High、出力ディスチャージ回路付きの製品ですので、High 状態では出力トランジスタが ON し、ディスチャージトランジスタは OFF となり、Low 状態では、それぞれその逆の動作となります。なお、コントロール端子

は、GND 端子と等価的に数 MΩ でプルダウン接続されておりますので、コントロール端子の電位が不定（オープン状態）の場合、IC 動作は OFF 状態となります。またコントロール端子はトレラント機能をもっており、コントロール電圧が入力電圧  $V_{IN}$  よりも高い場合でも、リーク経路はありません。

#### ⑥ 逆流防止回路 (Reverse Current Blocking)

出力 n-ch MOSFET の ON/OFF 状態に限らず (TCK206G、TCK207G、TCK208G は OFF 状態のみ)、入力電圧  $V_{IN}$  が動作範囲内の場合、常に出力電圧  $V_{OUT}$  をモニタし、 $V_{OUT}$  から  $V_{IN}$  への逆流を防止いたします。逆流防止回路により、 $V_{IN}$  端子に接続された電源等の破壊を防ぐことができます。

また、本機能はデバイスの動作を常に絶対最大定格内に抑える事を保証するものではありません。本デバイスのご使用にあたっては、上記及び当社「半導体信頼性ハンドブック」等に記載の絶対最大定格に対するディレーティングを考慮の上、いかなる場合においても絶対最大定格を超えないようご注意ください。なお、セットにおいてフェールセーフ等の十分な安全対策を施すことを推奨いたします。

以上、簡単にロードスイッチ IC の基本回路・機能について説明しました。

製品によって付加機能が異なりますので、実際に使用される回路・負荷に求められる電源性能に応じて使い分ける事が大切です。以降は、具体的なロードスイッチの電気的特性について説明いたします。



### 3. ロードスイッチ IC の電気的特性と使用上の注意点

この項ではロードスイッチ IC のデータシートの読み方と使用上の注意点について説明します。

TCK10xG シリーズは、AC 項目と一部の DC 項目を除き、全温度条件 ( $T_a = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ ) にて規格化をおこなっています。以降、電気的特性について東芝 TCK101G, TCK102G を例に取り各項目別に説明します。

#### ●電気的特性 DC 項目

##### 1) 入力電圧 <記号: $V_{IN}$ >

入力電圧は、ロードスイッチ IC の動作範囲を示します。出力トランジスタや、コントロール回路、過熱保護回路、ディスチャージ回路など、内部の回路がすべて動作する範囲として、TCK101G, TCK102G では、全温度条件にて Fig. 8 のように 1.1V から 5.5V まで動作規格をしております。

項目	記号	測定条件	$T_a = 25^\circ\text{C}$			$T_a = -40 \sim 85^\circ\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
入力電圧	$V_{IN}$	-	1.1	—	5.5	1.1	5.5	V

Fig.8 TCK101G, TCK102G 入力電圧規格

##### 2) コントロール電圧 <記号: $V_{IH}$ , $V_{IL}$ >

コントロールロジックの High、Low を決定する電圧規格です。TCK101G, TCK102G は Active High の製品であり、Fig. 9 に示す規格となります。

項目	記号	測定条件	$T_a = 25^\circ\text{C}$			$T_a = -40 \sim 85^\circ\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
コントロール電圧 (ON)	$V_{IH}$	$1.2\text{V} < V_{IN} \leq 5.5\text{V}$	1.0	—	—	1.0	—	V
		$1.1\text{V} \leq V_{IN} \leq 1.2\text{V}$	0.9	—	—	0.9	—	
コントロール電圧 (OFF)	$V_{IL}$	$V_{IN} = 1.1 \sim 5.5\text{V}$	—	—	0.4	—	0.4	V

Fig.9 TCK101G, TCK102G コントロール電圧規格

3) 消費電流 (ON) <記号:  $I_Q$ >

ロードスイッチ IC が ON 状態にあるときの自己消費電流です。TCK101G, TCK102G では Fig. 10 に示す規格となります。この値には、コントロール端子と GND 間のプルダウン電流も含まれます。

項目	記号	測定条件	Ta = 25°C			Ta = -40~85°C		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
消費電流 (ON)	$I_Q$	$I_{OUT} = 0 \text{ mA}$ , $V_{IN} = V_{CT} = 5.5 \text{ V}$	—	8	—	—	20	$\mu\text{A}$

Fig.10 TCK101G, TCK102G 消費電流(ON)規格

4) スタンバイ電流 (OFF) <記号:  $I_{Q(OFF)}$ >

ロードスイッチ IC が OFF 状態にあるときの自己消費電流です。Fig.11 に規格を示します。

$V_{IN}=5.5\text{V}$ 、 $V_{CT}=0\text{V}$  にあるとき、TCK101G では、出力ディスチャージトランジスタが ON 状態にあります。この規格では、TCK101G における入力電圧  $V_{IN}$  からオフ状態の出力トランジスタを経由し ON 状態のディスチャージトランジスタを通じて GND へ流れるリーク電流はふくまれておりません。(オフ状態の出力トランジスタのリーク項目は 5) のスイッチリーク電流(OFF)となります。) なお、TCK102G においてはディスチャージ回路がないため、上記リーク経路は対象外となります。

項目	記号	測定条件	Ta = 25°C			Ta = -40~85°C		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
スタンバイ電流 (OFF)	$I_{Q(OFF)}$	$V_{IN} = 5.5 \text{ V}$ , $V_{CT} = 0 \text{ V}$ , $V_{OUT} = \text{OPEN}$	—	0.07	—	—	1	$\mu\text{A}$

Fig.11 TCK101G, TCK102G スタンバイ電流(OFF)規格

5) 逆流防止電流 <記号:  $I_{RB}$ >

逆流防止回路を搭載する製品の場合、 $V_{OUT}$  端子の電圧が  $V_{IN}$  端子の電圧より大きくなると、逆流防止回路が動作し、 $V_{OUT}$  端子から  $V_{IN}$  端子や GND 端子に向かって電流が流れ込む現象を防止することができます。逆流防止電流とは、ロードスイッチ IC が OFF 状態かつ  $V_{IN}=0\text{V}$ 、 $V_{OUT}=5.0\text{V}$  にあるとき (TCK206G、TCK207G、TCK208G は  $V_{OUT}=3.6\text{V}$  で規定)、 $V_{OUT}$  端子—GND 端子および  $V_{OUT}$  端子— $V_{IN}$  端子間に流れるリーク電流です。Fig.12 に規格を示します。

項目	記号	測定条件	Ta = 25°C			Ta = -40~85°C		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
逆流防止電流	I <sub>RB</sub>	V <sub>OUT</sub> = 5.0 V, V <sub>IN</sub> = 0 V, V <sub>CT</sub> = 0 V	—	0.6	—	—	10	μA

Fig.12 TCK111G, TCK112G 逆流防止電流規格

6) 逆流防止回路動作電圧、逆流防止回路復帰電圧 <記号: V<sub>RB</sub>、V<sub>RBR</sub>>

逆流防止回路は、常に V<sub>OUT</sub> をモニタしており、V<sub>IN</sub> 電圧と V<sub>OUT</sub> 電圧の大小関係により動作しますが、安定動作のためにしきい値にはヒステリシスを持たせてあります。逆流防止回路動作電圧、復帰電圧は、それぞれ逆流防止回路の動作、復帰しきい値をあらわします。Fig.13 に規格を示します。

項目	記号	測定条件	Ta = 25°C			Ta = -40~85°C		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
逆流防止回路動作電圧	V <sub>RB</sub>	V <sub>OUT</sub> - V <sub>IN</sub>	—	40	—	—	—	mV
逆流防止回路復帰電圧	V <sub>RBR</sub>	V <sub>OUT</sub> - V <sub>IN</sub>	—	-30	—	—	—	mV

Fig.13 TCK111G, TCK112G 逆流防止回路動作電圧、復帰電圧規格

7) スイッチリーク電流 (OFF) <記号: I<sub>SD(OFF)</sub>>

出力トランジスタが OFF 状態にあるときの入力 V<sub>IN</sub>—出力 V<sub>OUT</sub> 間のリーク電流項目です。Fig.14 に規格を示します。

項目	記号	測定条件	Ta = 25°C			Ta = -40~85°C		単位	
			最小	標準	最大	最小	最大		
スイッチリーク電流 (OFF)	I <sub>SD(OFF)</sub>	V <sub>CT</sub> = 0 V, V <sub>OUT</sub> = GND	V <sub>IN</sub> = 5.0 V	—	10	—	—	1000 (注 2)	nA
			V <sub>IN</sub> = 3.3 V	—	2	—	—	1000	
			V <sub>IN</sub> = 1.8 V	—	1	—	—	1000	
			V <sub>IN</sub> = 1.2 V	—	1	—	—	1000	

(注 2): Ta = 65°C

Fig.14 TCK101G, TCK102G スイッチリーク電流(OFF)規格

8) オン抵抗 <記号:  $R_{ON}$ >

出力トランジスタのオン抵抗値です。TCK10xG シリーズの出力は p-ch MOSFET を採用しており、入力電圧値が高くなれば MOSFET の Gate に印加される電圧値は大きくなるため、オン抵抗値は低くなります。Fig.15 に規格を示します。

項目	記号	測定条件	Ta = 25°C			Ta = -40~85°C		単位	
			最小	標準	最大	最小	最大		
オン抵抗	$R_{ON}$	$I_{OUT} = 500 \text{ mA}$	$V_{IN} = 5.0 \text{ V}$	—	50	—	—	70	mΩ
			$V_{IN} = 3.3 \text{ V}$	—	55	—	—	75	
			$V_{IN} = 1.8 \text{ V}$	—	75	—	—	100	
			$V_{IN} = 1.2 \text{ V}$	—	120	—	—	180	
			$V_{IN} = 1.1 \text{ V}$	—	155	—	—	—	

Fig.15 TCK101G, TCK102G オン抵抗規格

9) 出力ディスチャージオン抵抗 <記号:  $R_{SD}$ >

出力ディスチャージトランジスタのオン抵抗値です。TCK10xG シリーズでは TCK101G が該当します。Fig.16 に規格を示します。

項目	記号	測定条件	Ta = 25°C			Ta = -40~85°C		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
出力ディスチャージオン抵抗	$R_{SD}$	— (TCK101G)	—	100	—	—	—	Ω

Fig.16 TCK101G 出力ディスチャージオン抵抗規格

●電気的特性 AC 項目

スイッチング特性は、電源シーケンスの調整やシステム制御の面で理解すべき重要な特性のひとつです。TCK101G のスイッチング特性につき、出力電圧  $V_{OUT}$  の立ち上がり・立下り時の各項目を Fig. 17 に規格化しています。（ $T_a = 25^\circ\text{C}$ で規定）

項目	記号	測定条件	最小	標準	最大	単位
$V_{OUT}$ rise time	$t_r$	$V_{IN}=3.3\text{V}$ , $R_L=500\Omega$ , $C_L=0.1\mu\text{F}$	—	170	—	$\mu\text{s}$
$V_{OUT}$ fall time	$t_f$	$V_{IN}=3.3\text{V}$ , $R_L=500\Omega$ , $C_L=0.1\mu\text{F}$	—	45	—	$\mu\text{s}$
Turn on delay	$t_{ON}$	$V_{IN}=3.3\text{V}$ , $R_L=500\Omega$ , $C_L=0.1\mu\text{F}$	—	135	—	$\mu\text{s}$
Turn off delay	$t_{OFF}$	$V_{IN}=3.3\text{V}$ , $R_L=500\Omega$ , $C_L=0.1\mu\text{F}$	—	10	—	$\mu\text{s}$

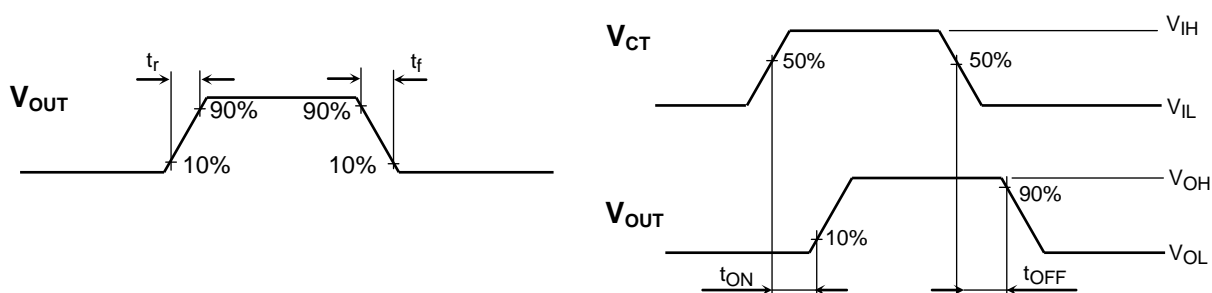


Fig.17 TCK101G スwitching規格

TCK101G, TCK102G は、突入電流値抑制のため、出力トランジスタのドライバ回路にスロースタート回路を内蔵しております。出力の立ち上がり・立下りや突入電流値は、入力電圧  $V_{IN}$  のほか、負荷側の等価抵抗  $R_L$ ・等価容量  $C_L$  に強い依存性があります。特に突入電流値は、 $C_L$  の値がおおきいほど突入電流値は大きくなります。Fig. 18 に突入電流測定回路、Fig 19, 20 に TCK101G の代表的なスイッチング波形（負荷容量依存）を示します。

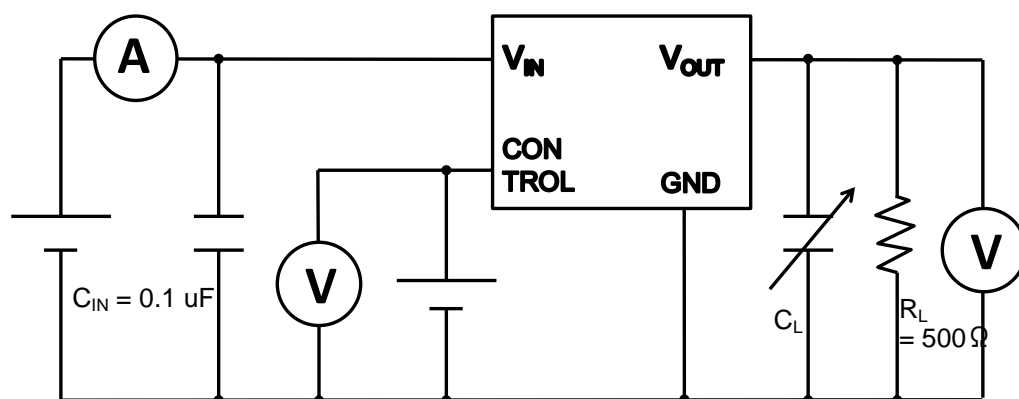


Fig.18 TCK101G 突入電流測定回路

なお測定は、入力容量として  $C_{IN} = 0.1 \mu\text{F}$ 、負荷抵抗  $R_L=500 \Omega$  で固定し、 $T_a=25^\circ\text{C}$ 条件にて実施しております。

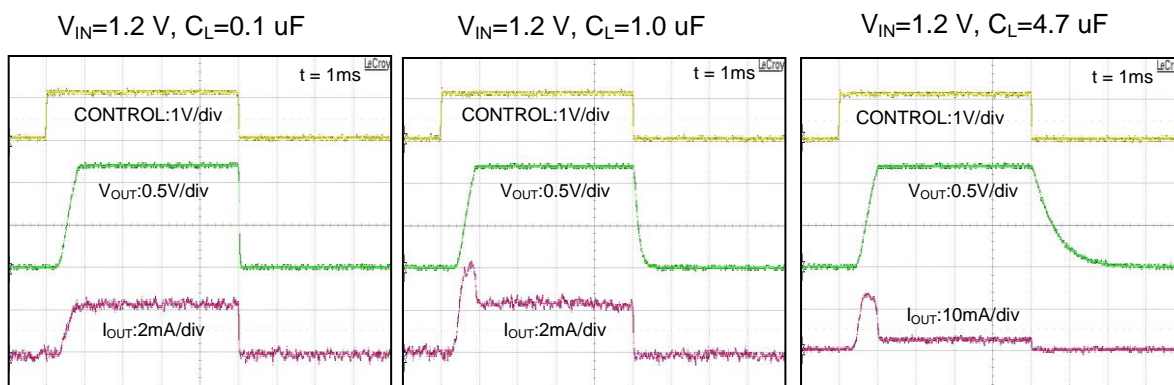
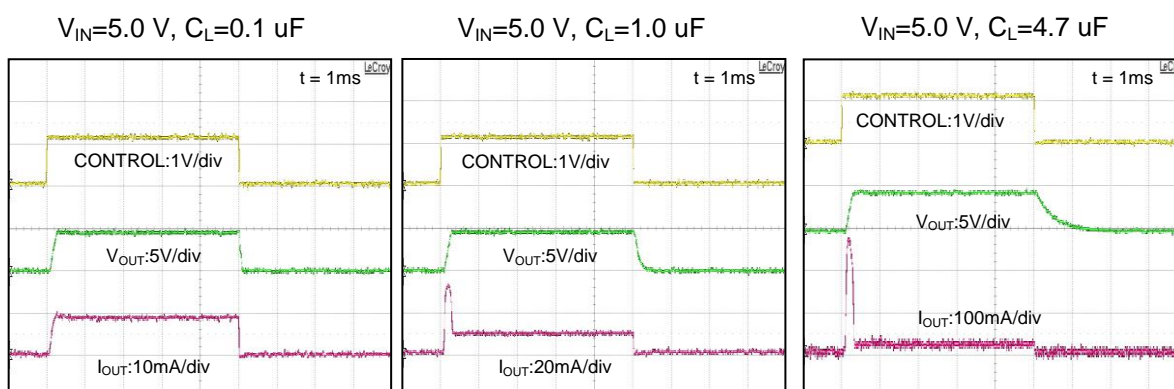
Fig.19 TCK101G  $V_{IN} = 1.2\text{ V}$  スイッチング波形Fig.20 TCK101G  $V_{IN} = 5.0\text{ V}$  スイッチング波形

Fig.19, 20 に示すとおり負荷容量  $C_L$  が  $0.1\text{ uF}$  から  $4.7\text{ uF}$  に増加するにつれて、 $I_{OUT}$  の突入電流値も大きくなります。また、入力電圧の依存も大きく、 $1.2\text{ V}$  と  $5.0\text{ V}$  では非常に大きな差がみられます。

突入電流は以下の計算式で算出されます。

突入電流  $I_{RUSH}$

$$= (\text{負荷等価容量 } C_L \times \text{入力電圧 } V_{IN} / \text{出力立ち上がり時間 } \Delta t) + \text{出力固定電流 } I_{LOAD}$$

一般的に、瞬時におけるスイッチングでは負荷容量は疑似的に出力ショート状態となるため、突入電流として流れ込みます。当然、入力電圧  $V_{IN}$  が大きければその分、電流値も大きくなります。その後、時間の経過とともに負荷容量には電荷が蓄積され、容量の電位差と入力電圧差が小さくなるにつれて、流れ込む電流値も小さくなり飽和します。負荷容量が大きければ電荷の飽和にも時間を要するため突入電流値は大きくなる傾向にあります。測定は突入電流が発生しやすい負荷抵抗  $R_L = 500\ \Omega$  にて実施しておりますが、 $R_L$  の値がより小さい(出力電流  $I_{OUT}$  がより大きい)場合には、容量に蓄積される電荷のチャージ時間がはよまるため、突入電流は小さくなる傾向になります。

出力  $V_{OUT}$  の立ち上がり時間  $t_{ON}$  についても、同様に負荷容量と入力電圧に依存します。負荷容量がおおきければ立ち上がり時間が遅くなり、逆に小さければその分、はやくなります。入力電圧については、入力電圧が大きければ電荷のチャージ時間がはよまるので、立ち上がり時間がはやくなる傾向です。

入力電圧、負荷容量依存の突入電流値および、出力立ち上がり時間の参考値を Fig.21、Fig. 22 にそれぞれ示します。

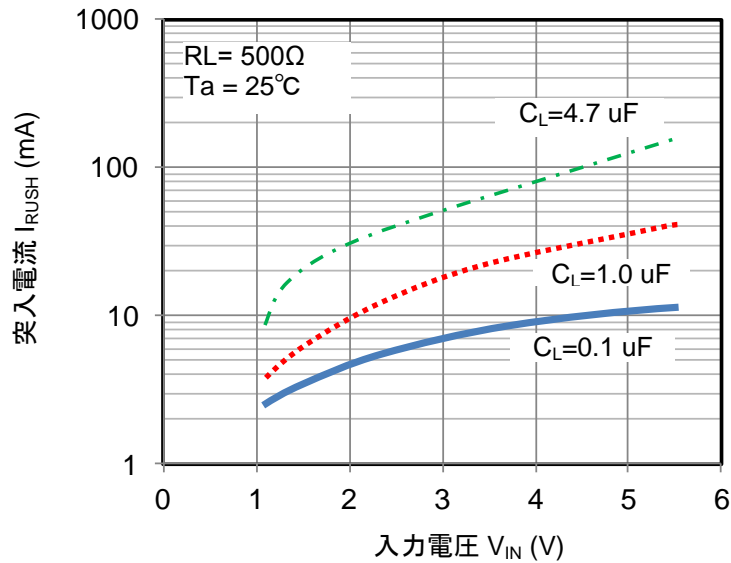


Fig.21 TCK101G 突入電流 参考値

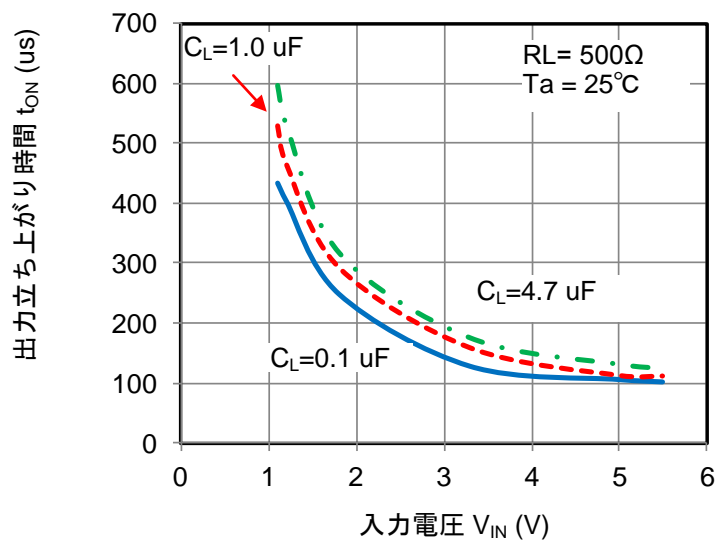


Fig.22 TCK101G 出力立ち上がり時間 参考値

- ご使用上の注意

### 1) 入力コンデンサ $C_{IN}$

TCK10xG シリーズの動作保証において、外付けとして入力コンデンサ  $C_{IN}$  を特に必要としませんが、供給元の電源安定度の向上と急峻な出力電流変化による電圧ドロップを抑制する上で  $C_{IN}$  の使用は効果的です。安定した電源にするために  $C_{IN}$  をできるだけ  $V_{IN}$  の近くに実装をしてください。なお、 $C_{IN}$  の値によっては  $V_{IN} < V_{OUT}$  となり IC 内部の出力 p-ch MOSFET の寄生ダイオードを通じて、出力  $V_{OUT}$  から入力  $V_{IN}$  側に逆流する可能性があります。このような場合、入力コンデンサ  $C_{IN}$  の選定にあたっては  $C_L$  よりも十分大きな容量を選択することを推奨いたします。

また、TCK11xG、TCK20xG シリーズは、動作保証と電源安定度向上のため、外付けとして入力コンデンサ  $C_{IN}$  を必ず使用してください。入出力の電圧や電流の過渡応答、基板レイアウト、IC 内部の寄生成分により、電圧のオーバーシュートやアンダーシュートが生じる可能性があるため、1.0 $\mu$ F 以上の入力コンデンサをできるだけ端子の近くに実装してください。

### 2) 出力コンデンサ

TCK10xG、TCK20xG シリーズの動作保証において、外付け  $C_{OUT}$  を特に必要としません。ただし、負荷によっては、出力電圧の過渡応答、基板レイアウト、IC 内部の寄生成分によるオーバーシュートやアンダーシュートが生じる可能性があります。このような場合、0.1 $\mu$ F 以上の出力コンデンサの使用を推奨いたします。

また、TCK11xG シリーズは、動作保証と電源安定度向上のため、外付けとして出力コンデンサ  $C_{OUT}$  を必ず使用してください。入出力の電圧や電流の過渡応答、基板レイアウト、IC 内部の寄生成分により、電圧のオーバーシュートやアンダーシュートが生じる可能性があるため、1.0 $\mu$ F 以上の出力コンデンサをできるだけ端子の近くに実装してください。

### 3) 放熱設計

ロードスイッチ IC の消費電力、およびチップジャンクション温度  $T_J$  は、以下の計算式で算出されます。

$$\begin{aligned} \text{消費電力 } P_D &= \text{オン抵抗 } R_{ON} \times \text{出力電流 } I_{OUT}^2 \\ \text{ジャンクション温度 } T_J &= P_D \times \text{飽和熱抵抗 } R_{th} (ja) + \text{周囲温度 } T_a \end{aligned}$$

この計算式から明らかなように、オン抵抗値  $R_{ON}$  が大きく、かつ大電流を流す用途の場合、消費電力  $P_D$  が増加し、結果としてジャンクション温度  $T_J$  が上昇します。ジャンクション温度の増加は、オン抵抗値の増加や消費電流の増加をまねきます。放熱設計においては、基板の GND パターンを広く取り放熱経路を確保することを推奨します。なお、実際にご使用になる電圧、電流等の条件と、データシートに記載の動作温度範囲最大値や、許容損失等の最大定格の数値を元に適切なディレーティングを行い、安全マージンを持った放熱設計をする必要があります。



## 4. 参考資料

### ロードスイッチ IC 製品ページ

<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/linear/power-supply/load-switch.html>

- ・ ロードスイッチ IC 製品一覧表  
[http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param\\_616&lang=ja](http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param_616&lang=ja)
- ・ Web シミュレータ (ロードスイッチ IC の動作解析が可能です)  
<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/design-support/simulation/web-simulator.html>

### 小型面実装 LDO レギュレータ 製品ページ

<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/linear/power-supply/ldo-regulator.html>

- ・ LDO レギュレータ 製品一覧表  
[http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param\\_610&lang=ja](http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param_610&lang=ja)
- ・ Web シミュレータ (LDO の動作解析が可能です)  
<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/design-support/simulation/web-simulator.html>
- ・ 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  
<http://toshiba.semicon-storage.com/info/docget.jsp?did=12706>

### オペアンプ/コンパレータ製品ページ

<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/linear/opamp-and-comparator.html>

- ・ オペアンプ製品一覧  
<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/linear/opamp-and-comparator/opamp.html>
- ・ コンパレータ 製品一覧  
<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/linear/opamp-and-comparator/comparator.html>
- ・ オペアンプ・コンパレータの基礎回路 アプリケーションノート  
<http://toshiba.semicon-storage.com/info/docget.jsp?did=12710>

### DC-DC コンバータ IC (マルチチャネル出力)

- ・ DC-DC コンバータ IC (マルチチャネル出力) 製品一覧  
[http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param\\_613&lang=ja&f%5B%5D=3%7C%20マルチチャネル出力電源用IC&p=&h=&sort=0%2Casc&cc=0d%2C1d%2C2d%2C3d%2C4d%2C5d%2C6d%2C7d%2C8d](http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param_613&lang=ja&f%5B%5D=3%7C%20マルチチャネル出力電源用IC&p=&h=&sort=0%2Casc&cc=0d%2C1d%2C2d%2C3d%2C4d%2C5d%2C6d%2C7d%2C8d)
- ・ 降圧型 DC-DC コンバータ IC アプリケーションノート  
<http://toshiba.semicon-storage.com/info/docget.jsp?did=11049>

### CMOS ロジック IC 製品ページ

<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/logic/cmos-logic.html>

- ・ CMOS ロジック IC 製品一覧  
[http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param\\_504&lang=ja](http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param_504&lang=ja)
- ・ 標準ロジック アプリケーションノート(使用上の注意点)  
<http://toshiba.semicon-storage.com/info/docget.jsp?did=12713>

### バススイッチ製品ページ

<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/logic/bus-switch.html>

- ・ バススイッチ 製品一覧  
[http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param\\_507&lang=ja](http://toshiba.semicon-storage.com/list/index.php?code=param_507&lang=ja)
- ・ バススイッチ アプリケーションノート(使用上の注意点)  
<http://toshiba.semicon-storage.com/info/docget.jsp?did=12711>

## 製品取り扱い上のお願い

- 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（以下、本製品という）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、一般的電子機器（コンピュータ、パーソナル機器、事務機器、計測機器、産業用ロボット、家電機器など）または本資料に個別に記載されている用途に使用されることが意図されています。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、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、電力機器、金融関連機器などが含まれます。本資料に個別に記載されている場合を除き、本製品を特定用途に使用しないでください。
- 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弊社営業窓口までお問合せください。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。