

eFuse IC TCKE6 シリーズ

アプリケーションノート

概要

eFuse IC とは、従来ヒューズに代わる電子機器を保護するためのさまざまな機能を内蔵した保護 IC であり、電子ヒューズとも呼ばれます。

本資料では、入力最大定格 40 V、出力電流 2.5 A で基本的な保護機能を内蔵した eFuse IC である TCKE6 シリーズの基本的な使用方法、各種機能（短絡保護、過電流保護、過電圧保護、過熱保護、低電圧誤動作防止機能ほか）の動作について説明します。

目次

概要	1
目次	2
1. はじめに	5
2. eFuse IC とは	6
2.1. eFuse IC の使用方法	6
2.2. eFuse IC 使用によるメリット	6
3. TCKE6 シリーズの周辺回路例	7
3.1. 周辺回路の注意事項	7
4. TCKE6 シリーズの内蔵機能	9
5. TCKE6 シリーズのブロック図	10
6. TCKE6 シリーズの各種回路の説明	12
6.1. チャージポンプ回路	12
6.2. 過電圧保護回路 (OVP) の動作	12
6.3. 低電圧誤動作防止回路 (UVLO) の動作	13
6.4. 過熱保護回路 (TSD) の動作	14
6.4.1. オートリトライタイプの過熱保護	14
6.4.2. ラッチタイプの過熱保護	14
6.4.3. 過熱保護回路の動作原理	14
6.5. 過電流保護 (OCL) の動作	16
6.5.1. オートリトライタイプの過電流保護動作	17
6.5.2. ラッチタイプの過電流保護動作	18
6.5.3. 過電流保護回路の設定	19
6.6. 短絡保護回路の動作	20
6.6.1. オートリトライタイプの VOUT 短絡保護動作	20
6.6.2. ラッチタイプの VOUT 短絡保護動作	21
6.7. スルーレートコントロール機能 (インラッシュ電流抑制機能) の動作	22
6.8. FLAG 端子 (601 のみ)	23
6.9. MODE 端子 (602 のみ)	23
6.10. EN 端子 (603 のみ)	23
6.11. 出力ディスチャージ機能	25
7. TCKE6 シリーズの応用例	26
8. ご使用上の注意	27
9. まとめ	28
製品取り扱い上のお願い	29

図目次

図 2.1 eFuse IC の使用例・主な機能例	6
図 3.1 TVS/ツエナーダイオード、SBD を併用した TCKE6 シリーズ の周辺回路例	8
図 4.1 端子配置図 TCKE601RA, TCKE601RL	9
図 4.2 端子配置図 TCKE602RM	9
図 4.3 端子配置図 TCKE603RA, TCKE603RL	9
図 5.1 TCKE601Rx のブロック図	10
図 5.2 TCKE602RM のブロック図	10
図 5.3 TCKE603Rx のブロック図	10
図 6.1 過電圧保護 (OVP) 動作例	12
図 6.2 低電圧誤動作防止回路の検出例	13
図 6.3 過熱保護回路動作	14
図 6.4 過熱保護回路と動作原理	15
図 6.5 過電流保護動作時の出力電圧－電流特性	16
図 6.6 過電流保護 動作例 (TCKE601RA) (オートリトライタイプ)	17
図 6.7 過電流保護 動作例 (TCKE601RL) (ラッチタイプ)	18
図 6.8 ILIM 端子周辺外付け回路	19
図 6.9 $I_{LIM} - R_{LIM}$ 特性例	19
図 6.10 短絡保護と過電流保護 動作例 (TCKE601RA) (オートリトライタイプ)	20
図 6.11 短絡保護と過電流保護 動作例 (TCKE601RL) (ラッチタイプ)	21
図 6.12 スルーレートコントロール機能 回路動作波形	22
図 6.13 電源投入時のスルーレートコントロール機能 回路動作波形	22
図 6.14 FLAG 端子等価回路	23
図 6.15 EN 端子の接続例 (外部制御)	24
図 6.16 EN 端子等価回路	24
図 6.17 通常のコンパレーターとウインドウコンパレーターの動作	24
図 6.18 出力ディスチャージ波形	25
図 7.1 ロボットクリーナーへの応用	26
図 7.2 業務用プリンターへの応用	26

表目次

表 4.1 TCKE6 シリーズ の内蔵機能.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
表 4.2 TCKE6 シリーズ の内蔵機能別品種リスト	9
表 5.1 TCKE6 シリーズ の端子説明.....	11
表 6.1 データシート記載の 過電圧保護 (OVP) 特性	12
表 6.2 データシート記載の低電圧誤動作防止 (UVLO) 特性	13
表 6.3 データシート記載の過熱保護 T_{SD} 特性	15
表 6.4 データシート記載の過電流保護 (OCL) 特性	19
表 6.5 FLAG 出力の対象機能と動作タイミング	23

1. はじめに

現在、各種電子機器において過熱や発火などを防止する保安部品として、ヒューズやポリスイッチ（リセッタブルヒューズ、ポリヒューズ）といった部品が多用されています。いずれも、定格以上の電流が流れることにより発生するジュール熱を利用した保護デバイスですが、本資料では、これらを従来ヒューズと呼びます。

ガラス管ヒューズやチップヒューズでは内蔵する金属部品の溶断により、ポリスイッチでは導電性ポリマーの熱膨張による抵抗値の急激な増大により、通電を遮断、あるいは制限することで回路を保護、機器の破壊を防止しています。

しかしながら、いずれも動作する電流の精度が低く遮断電流のばらつきが大きかったり、ジュール熱を使用するため保護までに時間が掛かったりというデメリットがあります。

また、金属を溶断させるヒューズでは、一度動作すると不可逆的に破壊するため、ヒューズ自体の交換作業が必要になるというデメリットもあります。

eFuse IC（電子ヒューズ）は、通電の遮断を MOSFET で行うことにより、上述した従来ヒューズのさまざまなデメリットを解決する製品です。従来ヒューズと同様にご使用していただくことができるほか、IC であることを活かして過電流以外のさまざまな保護機能を持たせることもできます。

本アプリケーションノートでは、過電流保護機能 (OCP)、短絡保護機能 (SCP)、スルーレート調整機能（突入電流抑制機能）、過電圧保護機能 (OVP) および低電圧誤動作防止機能 (UVLO) を内蔵し、さらに一部機能はそれぞれの設定値が調整可能で、効果的に回路や機器を保護する TCKE6 シリーズについて、主な特性、動作、使用方法および用途について解説します。

2. eFuse IC とは

2.1. eFuse IC の使用方法

eFuse IC は、従来ヒューズで合金部品の溶断により行っていた電流の遮断を半導体スイッチで行います。過剰な電流を検知した検出回路の出力信号により、内蔵された MOSFET を制御し、電流を制限あるいは遮断します。図 2.1 に、PMIC (Power Management IC) の電源供給に eFuse IC を使用した場合のブロック図を示します。



図 2.1 eFuse IC の使用例・主な機能例

この例では、PMIC の電源ラインに従来ヒューズの代わりに eFuse IC を挿入しています。PMIC 自身やその先の回路の異常で過電流が流れたときに、電流を制限あるいは遮断して回路を保護し、機器の発煙、発火などを防ぐことに貢献します。

2.2. eFuse IC 使用によるメリット

eFuse IC を使用した場合、以下のようなメリットが考えられます。

- 交換不要によるメンテナンス費用と時間の削減

eFuse IC では内蔵された MOSFET をオフして電流を遮断しますので、一度の過電流で破壊されることはなく、再度 MOSFET をオンすれば、元のように電流を流して通常動作に復帰させることができます。不可逆的に溶断させる従来のヒューズと異なり繰り返し使用できますので、部品を交換する必要がなく修理など保守メンテナンスに掛かる費用や時間を削減できます。

- 高精度な電流、電圧保護機能による堅牢な保護性能の実現

従来ヒューズは溶断や熱膨張を利用しているため、通電を遮断する電流を厳密に決定することができません。従って、負荷で想定される電流に対し、誤作動を避けてある程度の幅を持たせた定格電流のヒューズを選定することから破壊のリスクが残ります。これに対して eFuse IC では高精度に過電流から保護することができます。また、TCKE6 シリーズでは、過電圧保護機能や設定可能な過電流保護機能を持っているため、電流や電圧に対して堅牢な保護性能を実現します。

- 高速な保護動作による信頼性の向上

従来ヒューズではジュール熱による温度上昇がヒューズ材料の融点に達するまで時間が掛かるので、過電流の発生から遮断までタイムラグがあります。この間は過電流が流れ続けることになりますが、eFuse IC では過電流の検出とほぼ同時にスイッチをオフして電流を遮断することが可能なため、過電流が流れる時間を大幅に短縮することができます。これによって機器へのダメージを減らすことができ、長期的な信頼性を向上させることができます。

- 各種保護機能のワンパッケージ化による低コスト化、小型化

eFuse IC はその名のとおり IC であることから、過電流保護機能や短絡保護機能の他、従来のヒューズでは実現不可能な過電圧保護機能、突入電流抑制 (スルーレートコントロール) 機能、過熱保護機能、逆流防止機能といったさまざまな機能をワンパッケージ化できます。ディスクリート受動部品や複数の IC の組み合わせによる機能実現に比較して、部品点数と工数を大幅に削減することや実装面積を縮小することができ、低コスト化、小型化に貢献します。

3. TCKE6 シリーズの周辺回路例

TCKE6 シリーズは、最大動作電圧 30 V の 1 入力 1 出力 eFuse IC です。外付け抵抗による調整可能な過電流保護機能、短絡保護機能、低電圧誤動作防止機能、過熱保護機能などの保護機能を搭載しております。また、製品によって FLAG 端子や復帰モードを選択できる MODE 端子、または EN 端子を選択することができます。これら各端子の機能や外付け素子の決定方法については、6 章で詳述していますので、そちらをご参照ください。

3.1. 周辺回路の注意事項

短絡や過電流の保護機能が動作して電流が急減すると、TCKE6 シリーズの入出力端子に接続される配線などのインダクタンス成分の逆起電力により高いスパイク電圧が発生する恐れがあります。下記に対策例を挙げます。

基板設計では、TCKE6 シリーズの入力側と出力側の配線長はできるだけ短くなるようにパターンを設計してください。また、GND の配線領域はインピーダンスを下げるため、できるだけ広く取ってください。

入力側で発生するプラスのスパイク電圧に対して入力コンデンサー C_{IN} には波高値を抑える働きがあります。スパイク電圧の波高値 V_{SPIKE} と C_{IN} の容量値には以下の関係があり、 C_{IN} を大きくすればスパイク電圧を小さくすることができます。

$$V_{SPIKE} = V_{IN} + I_{OUT} \times \sqrt{\frac{L_{IN}}{C_{IN}}} \quad (3-1)$$

V_{SPIKE}	発生するスパイク電圧の波高値	(V)
V_{IN}	通常動作時の入力電圧	(V)
I_{OUT}	出力電流	(A)
L_{IN}	入力端子の実効インダクタンス	(H)
C_{IN}	入力コンデンサー容量	(F)

TCKE6 シリーズでは、 C_{IN} を 1 μ F 以上実装することを推奨していますが、必ず実機で V_{SPIKE} が絶対最大定格を超えないことを確認してください。また、 V_{IN} が高い場合は出力電圧 V_{OUT} も高く、短絡時や過電流保護時の電流変化が大きいため、 V_{IN} や V_{OUT} が安定しないで不安定動作を引き起こし IC 破壊に至る可能性があります。

TCKE6 シリーズの入力側に TVS ダイオード (ESD 保護ダイオード) あるいはツェナーダイオードを接続することにより、ESD (静電気放電・サージ) や過渡的な過電圧から保護することができます。出力側で発生するマイナスのスパイク電圧が定格を超えるような場合には、SBD (ショットキーバリアダイオード) を接続して出力電位が GND よりも大きく低下することを防ぐ必要があります。SBD は TCKE6 シリーズだけではなく、負荷として接続される IC や機器の保護としても効果的です。SBD は TCKE6 シリーズの V_{OUT} 端子と GND 端子間に、GND 側をアノードとして接続してください。このように、TCKE6 シリーズの保護をより強化することができますので、TCKE6 シリーズには TVS ダイオードやツェナーダイオードと SBD を併用することを推奨します。この場合の周辺回路例を図 3.1 に示します。

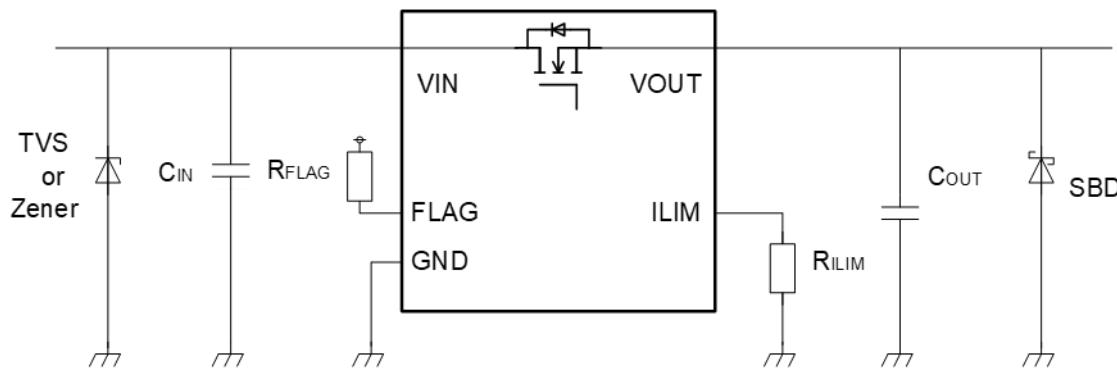


図 3.1 TVS/ツェナーダイオード、SBD を併用した TCKE6 シリーズ の周辺回路例

TCKE6 シリーズ と組み合わせるツェナーダイオード、SBD の一例として CUHZ シリーズ、CUHS20S40 があります。製品、使用方法については下記リンク先をご参照ください。

- ツェナーダイオード CUHZ シリーズ の詳細はこちら → [Click Here](#)
- ショットキーバリアダイオード CUHS20S40 の詳細はこちら → [Click Here](#)
- 過電圧対策に有効なツェナーダイオードと ESD 保護用ダイオード (アプリケーションノート) → [Click Here](#)
- 保護する信号ラインの電圧レベルに対して、何を基準に ESD 保護素子を選択すればいいですか？ (FAQ) → [Click Here](#)
- TVS ダイオード(ESD 保護ダイオード)の選択方法 (FAQ) → [Click Here](#)
- TVS ダイオード(ESD 保護ダイオード)基板設計の注意点 (FAQ) → [Click Here](#)

4. TCKE6 シリーズの内蔵機能

TCKE6 シリーズは、表 4.1 のように eFuse IC として基本的な保護機能を内蔵しています。

	過電流 保護	短絡 保護	過電圧 保護	過熱 保護	スルーレート 調整	逆流防止	FLAG 出力	ディスチャージ
内蔵 / 非内蔵	内蔵	内蔵	内蔵	内蔵	内蔵	非内蔵	表 4.2 参照	内蔵
設定値調整可否	可能 (過電流保護の 設定値により決定)	—	—	—	—	—	—	—

表 4.2 に TCKE6 シリーズの品種リストを示します。

製品によって、復帰動作タイプ、各端子の機能が異なります。

表 4.1 TCKE6 シリーズ の内蔵機能別品種リスト

品名	過電圧保護 しきい値	V_{EN} 動作	復帰動作 タイプ	FLAG 機能	パッケージ
TCKE601RA	32.0 V (標準)	—	Auto-retry	Yes	TSOP6F
TCKE601RL		—	Latched	Yes	
TCKE602RM		—	Selection type	—	
TCKE603RA		Active High	Auto-retry	—	
TCKE603RL		Active High	Latched	—	

図 4.1 に TCKE6 シリーズの端子接続図を示します。

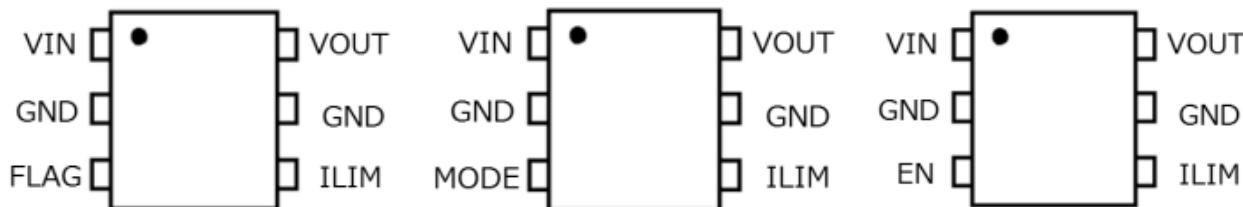


図 4.1 端子配置図
TCKE601RA, TCKE601RL

図 4.2 端子配置図
TCKE602RM

図 4.3 端子配置図
TCKE603RA, TCKE603RL

5. TCKE6 シリーズのブロック図

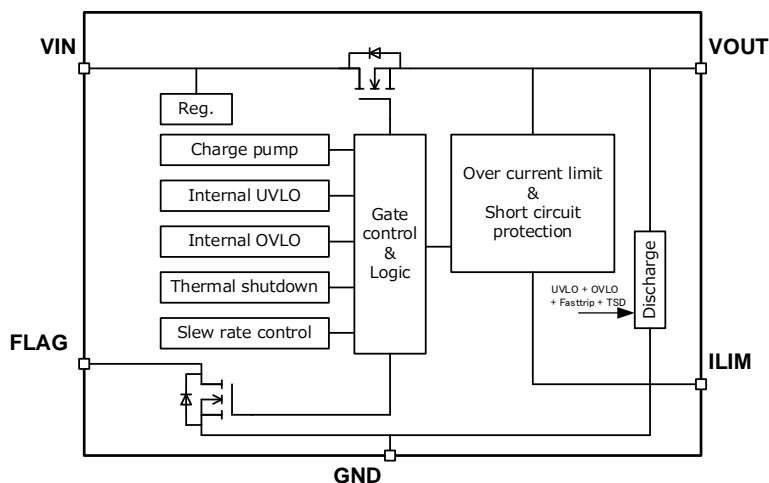


図 5.1 TCKE601Rx のブロック図

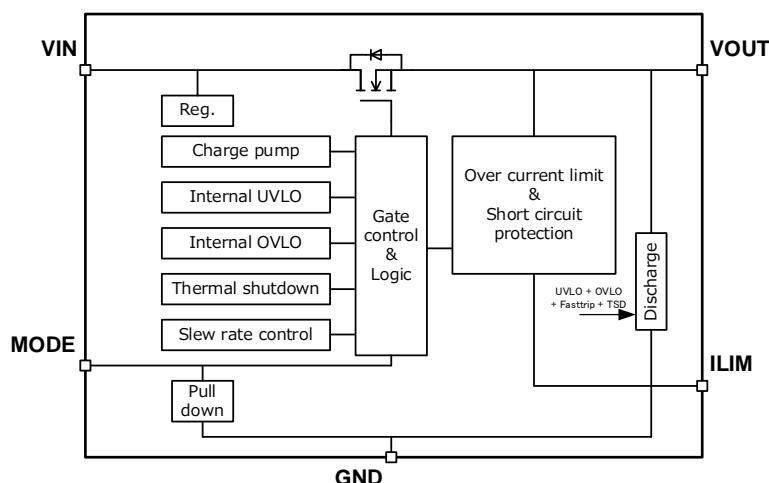


図 5.2 TCKE602RM のブロック図

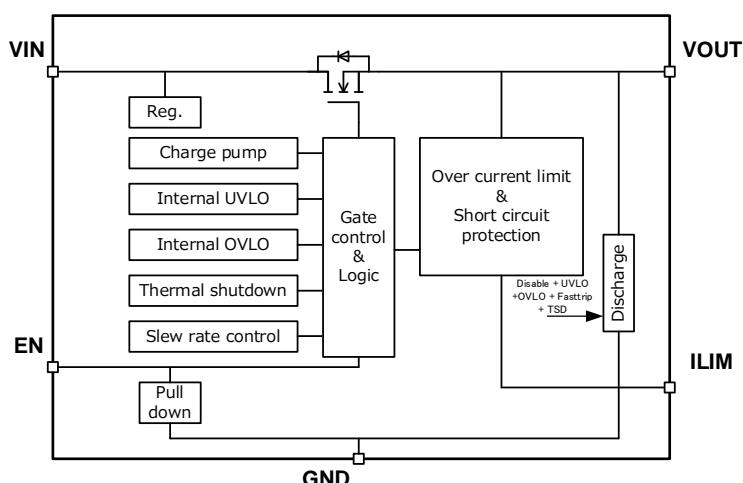


図 5.3 TCKE603Rx のブロック図

表 5.1 TCKE6 シリーズ の端子説明

端子名	端子の説明
EN	出力のイネーブル端子です。アクティブハイです。
ILIM	過電流制限値を調整する端子です。外部から電圧を印加しないでください。 ILIM 端子と GND 端子間に接続される抵抗値で過電流制限値を調整します。
FLAG	FLAG 出力端子です。過熱など IC が異常状態を検出し、外部に信号を出力します。オープンドレイン構成となっていますので、外付けにプルアップ抵抗を接続してください。
MODE	MODE 切り替え端子です。 High レベル入力時に復帰動作タイプがオートリトライタイプになります。 Low レベル入力またはオープン時は復帰動作タイプがラッチタイプになります。
VIN	入力電源端子です。
GND	グラウンド端子です。
VOUT	出力端子です。

6. TCKE6 シリーズの各種回路の説明

6.1. チャージポンプ回路

チャージポンプ回路とは、スイッチ用の Nch MOSFET のゲート駆動電圧生成用の昇圧回路です。

6.2. 過電圧保護回路 (OVLO) の動作

過電圧保護回路は、設定された電圧以上の入力電圧が印加されると出力を停止させ、負荷に過電圧が印加されることを防ぐ回路です。TCKE6 シリーズの過電圧保護機能が動作する電圧は立ち上がりと立ち下がりでヒステリシス V_{IN_OVhys} を持っています。 V_{IN} 過電圧保護しきい値は全製品で共通となっており、オートリトライ/ラッチタイプに関わらず、一定の電圧以下で IC が復帰します。TCKE6 シリーズの過電圧保護の動作例を図 6.1 に示します。

表 6.1 データシート記載の過電圧保護 (OVLO) 特性

項目	記号	測定条件	$T_a = 25^{\circ}\text{C}$			$T_a = -40 \text{ to } 125^{\circ}\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
V_{IN} 過電圧保護 (OVLO) しきい値	V_{IN_OVLO}	—	—	32.0	—	30.0	34.0	V
V_{IN} 過電圧保護 (OVLO) ヒステリシス	V_{IN_OVhys}	—	—	0.9	—	—	—	V

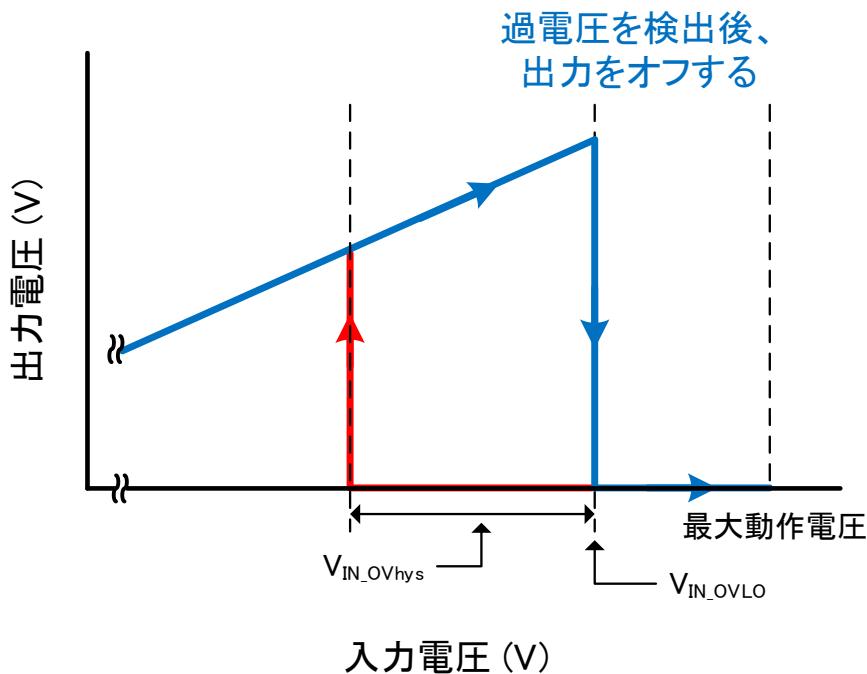


図 6.1 過電圧保護 (OVP) 動作例

6.3. 低電圧誤動作防止回路 (UVLO) の動作

入力電圧 V_{IN} が低下して出力端子 V_{OUT} に接続される後段の 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する回路が低電圧誤動作防止回路です。 V_{IN} が、 $V_{IN} \geq V_{IN_UVLO}$ まで上昇すると IC としての動作を開始します。低電圧誤動作防止回路にはヒステリシス V_{IN_UVhys} が設定されており、 V_{IN} が一定の電圧を下回ると、出力は自動的にオフ状態となります。TCKE6 シリーズの低電圧誤動作防止の動作例を図 6.2 に示します。

表 6.2 データシート記載の低電圧誤動作防止 (UVLO) 特性

項目	記号	測定条件	$T_a = 25^{\circ}\text{C}$			$T_a = -40 \text{ to } 125^{\circ}\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
V_{IN} 低電圧誤動作防止 (UVLO) しきい値	V_{IN_UVLO}	—	—	4.0	—	3.6	4.4	V
V_{IN} 低電圧誤動作防止 (UVLO) ヒステリシス	V_{IN_UVhys}	—	—	0.13	—	—	—	V

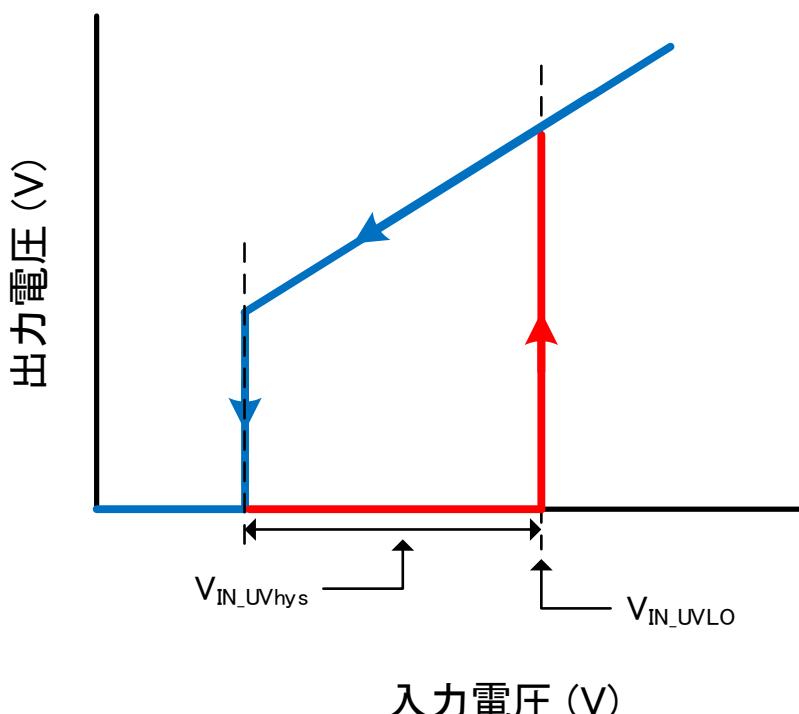


図 6.2 低電圧誤動作防止回路の検出例

6.4. 過熱保護回路 (TSD) の動作

過熱保護回路 (TSD: サーマルシャットダウン) は、出力に大電流が流れ続けた場合や出力が短絡(ショート)した場合に、周囲温度が急激に上昇して TCKE6 シリーズ の接合温度が過熱保護しきい値温度 T_{SD} (155 °C 標準) 以上になったときに、出力をオフして IC を保護する回路です。 TCKE6 シリーズ では、過熱保護が動作すると出力をオフさせると同時に、FLAG 端子の出力も High レベルから Low レベルとなります。過熱保護の動作温度と復帰温度はヒステリシスを持たせています。

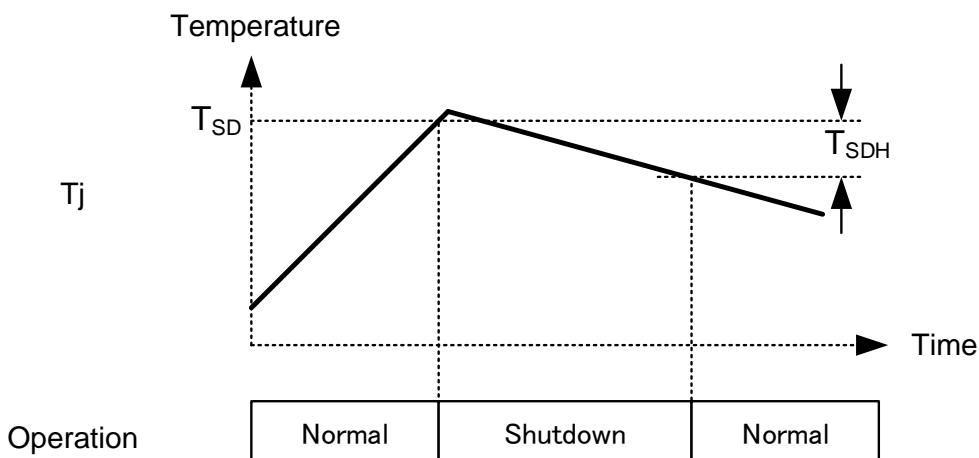


図 6.3 過熱保護回路動作

6.4.1. オートリトライタイプの過熱保護

過熱保護によりシャットダウン状態へ移行した後、一定時間後 (100ms (標準)) に再起動します。

6.4.2. ラッチタイプの過熱保護

過熱保護機能が動作しシャットダウン状態へ移行した後、復帰させるには EN 端子のコントロール信号 や入力電圧の再印加などで再起動する必要があります。再起動するまで保護動作が継続します。

6.4.3. 過熱保護回路の動作原理

接合温度の検出は、図 6.4 に示すように温度に対して電圧の変化が少ない基準電圧 V_{REF} を R_8 と R_9 で分圧した V_{TSD} と、ダイオードの順方向電圧を比較することで行います。 TCKE6 シリーズ が正常に動作しているときは、 V_{TSD} 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。 ダイオードの順方向電圧は 約 $-2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$ の温度係数を持っていることから、接合温度が上昇して順方向電圧が V_{TSD} を下回るとコンパレーターが反転して、TCKE6 シリーズ の出力をオフ状態とします。 同時に、FLAG 端子の出力が High レベルから Low レベルに反転します。

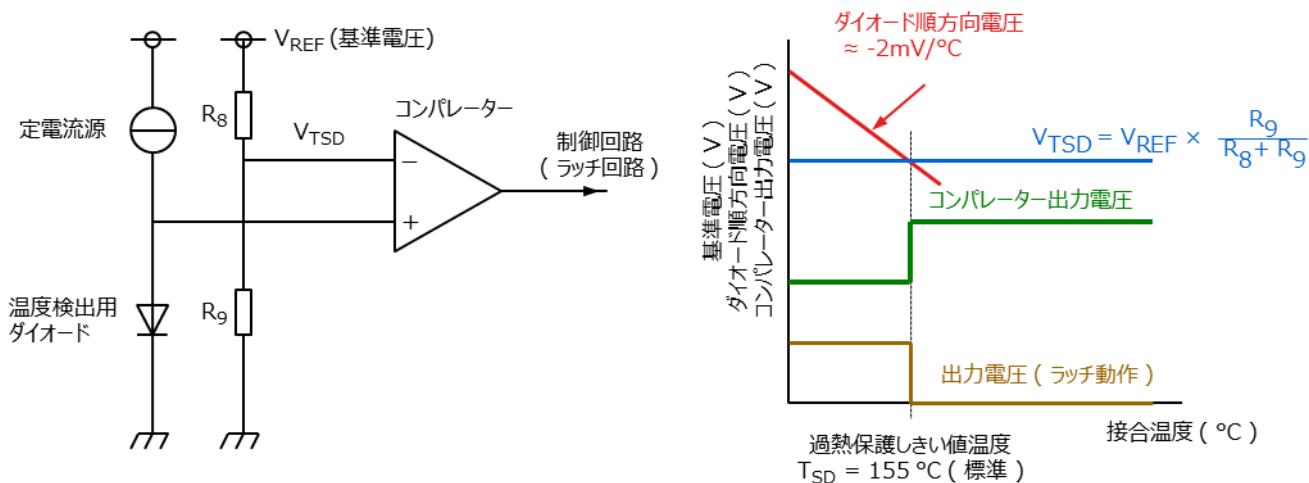


図 6.4 過熱保護回路と動作原理

表 6.3 データシート記載の過熱保護 T_{SD} 特性

$V_{IN} = 24\text{ V}$, $R_{ILIM} = 487\text{ }\Omega$, $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$

項目	記号	測定条件	$T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$		$T_a = -40\text{ to }125\text{ }^\circ\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	
過熱保護しきい値温度	T_{SD}	T_j	—	155	—	—	—
過熱保護ヒステリシス温度	T_{SDH}	T_j	—	15	—	—	—
過熱保護オートリトライインターバル時間	$t_{TSD, RST}$	オートリトライタイプのみ	—	100	—	—	ms

6.5. 過電流保護 (OCL) の動作

過電流保護回路は過電流が流れたときの消費電力を抑えて IC と負荷の劣化や破壊を防止する回路です。負荷の異常や短絡などで出力電流が出力検知電流 I_{LIMP} を超えると、出力制限電流 I_{LIM} に制限し出力電圧を低下させることで、IC と負荷で消費される電力を制限します。後述する短絡保護回路と合わせて、過電流に対して 2 重に保護することができ、発火や発煙の防止に大きく貢献します。図 6.5 に TCKE6 シリーズの出力電流制限動作時の出力電圧と電流の関係を示します。

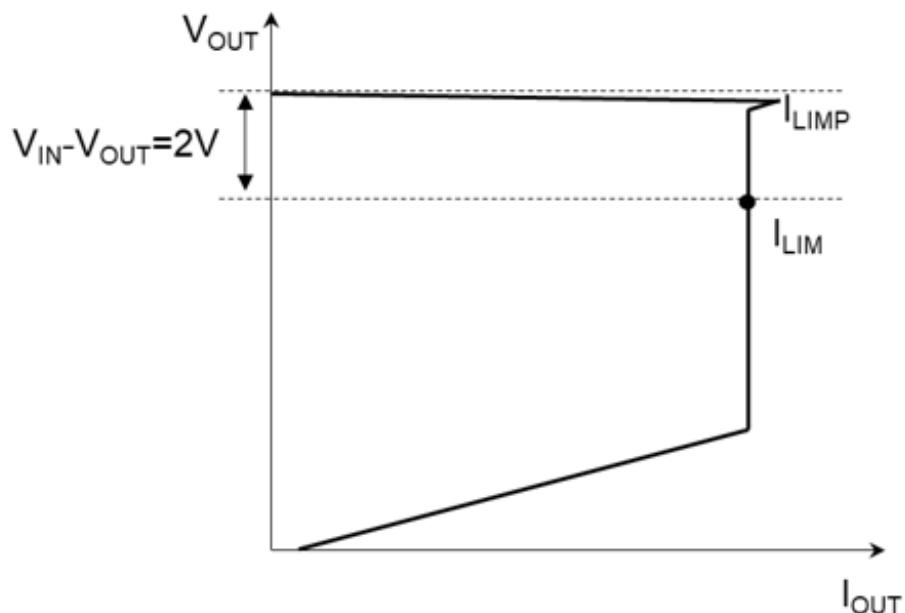


図 6.5 過電流保護動作時の出力電圧－電流特性

6.5.1. オートリトライタイプの過電流保護動作

出力電流値が I_{LIMP} を超えて過電流を検知すると出力電流制限 I_{LIM} に電流を制限します。このとき、出力電圧と電流の関係に従って、出力電圧は低下します。この段階で過電流が解消されない場合、IC の温度は上昇し過熱保護の温度に達した場合は出力を停止してシャットダウン状態に移行します。オートリトライタイプの場合、一定時間後に再び動作を開始しますが、過電流が解消されていない場合は再び電流を制限します。よって、電流リミット → 温度上昇 → 過熱保護 → シャットダウン → 温度低下 → 再起動 → 電流リミットというサイクルにより復帰の試行を繰り返します。

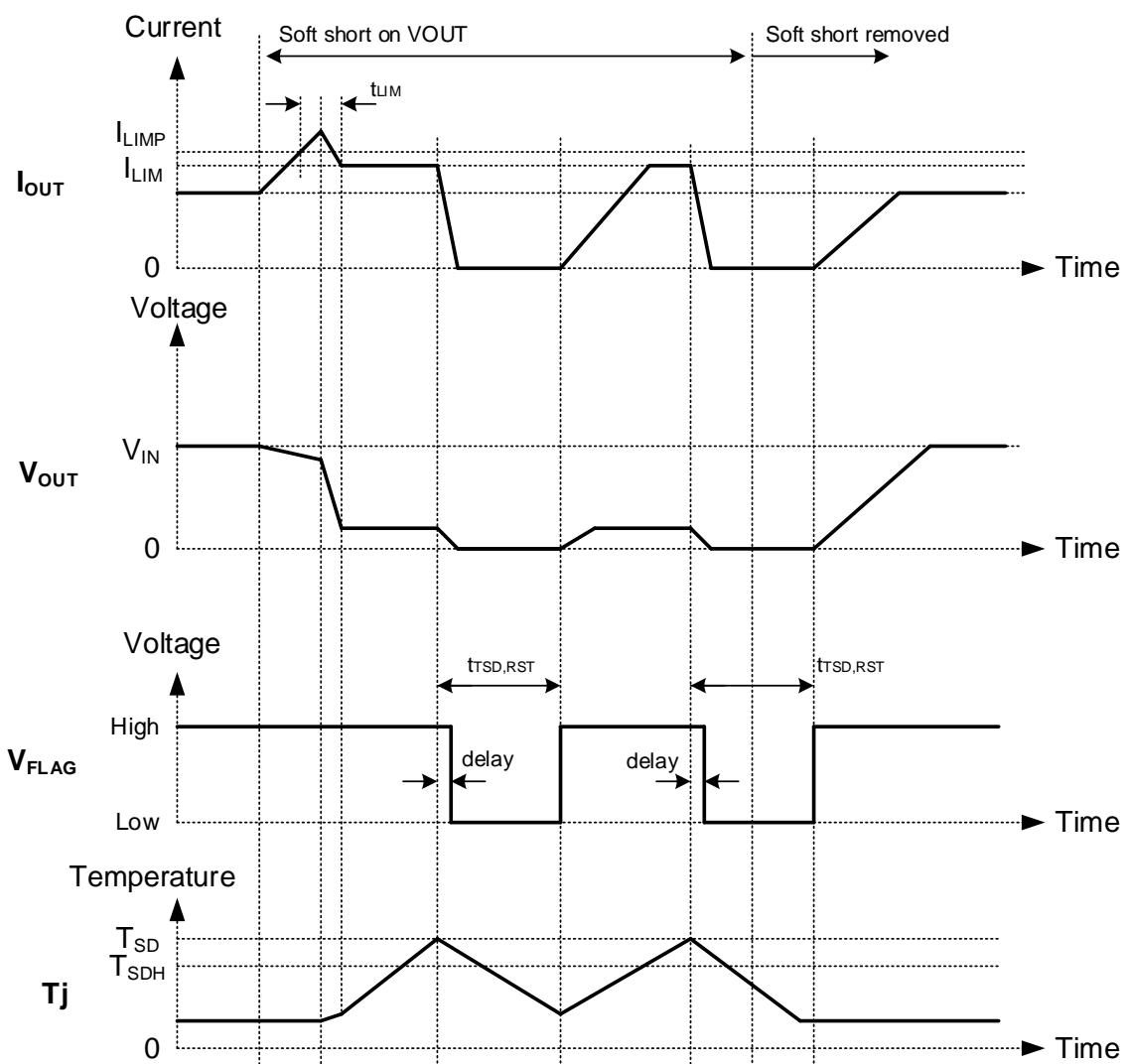


図 6.6 過電流保護 動作例 (TCKE601RA) (オートリトライタイプ)

6.5.2. ラッチタイプの過電流保護動作

オートリトライタイプと同様に、出力電流値が I_{LIMP} を超えて過電流を検知すると出力電流制限 I_{LIM} に電流を制限します。このとき、出力電圧と電流の関係に従って、出力電圧は低下します。この段階で過電流が解消されない場合、IC の温度は上昇し過熱保護の温度に達した場合は出力を停止してシャットダウン状態に移行します。ラッチタイプの場合は過熱保護動作にラッチがかかりますので、復帰させるには EN 端子のコントロール信号や V_{IN} の再印加などで再起動する必要があり、再起動するまで保護動作が継続します。

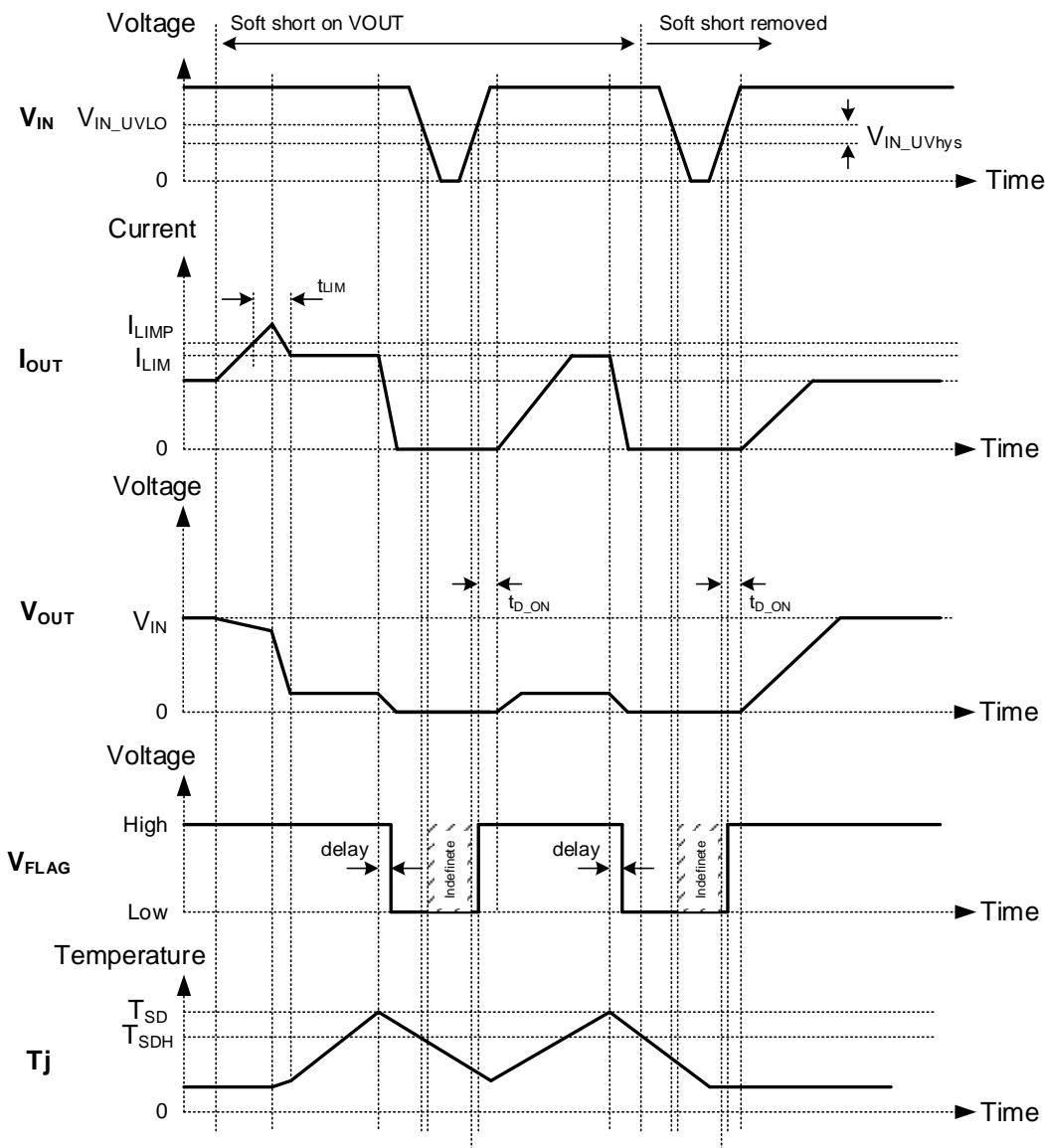


図 6.7 過電流保護 動作例 (TCKE601RL) (ラッチタイプ)

6.5.3. 過電流保護回路の設定

TCKE6 シリーズの出力検知電流 I_{LIMP} は調整可能で、ILIM 端子の外付け抵抗 R_{ILIM} を適切に選ぶことにより、用途に応じた最適な制限電流値に設定することができます。 I_{LIMP} は (6-3) 式により求められますが、抵抗値の選定にあたっては必ず実機で確認ください。また、 R_{ILIM} が 5 kΩ 以下にならないように注意ください。

$$R_{ILIM} = \frac{29275}{I_{LIMP} + 0.0374} \quad (\Omega) \quad (6-3)$$

I_{LIMP} : 出力検知電流 (A)
 R_{ILIM} : ILIM 端子外付け抵抗値 (Ω)

図 6.8 と図 6.9 に ILIM 端子の周辺回路図と I_{LIMP} と R_{ILIM} の関係を示します。

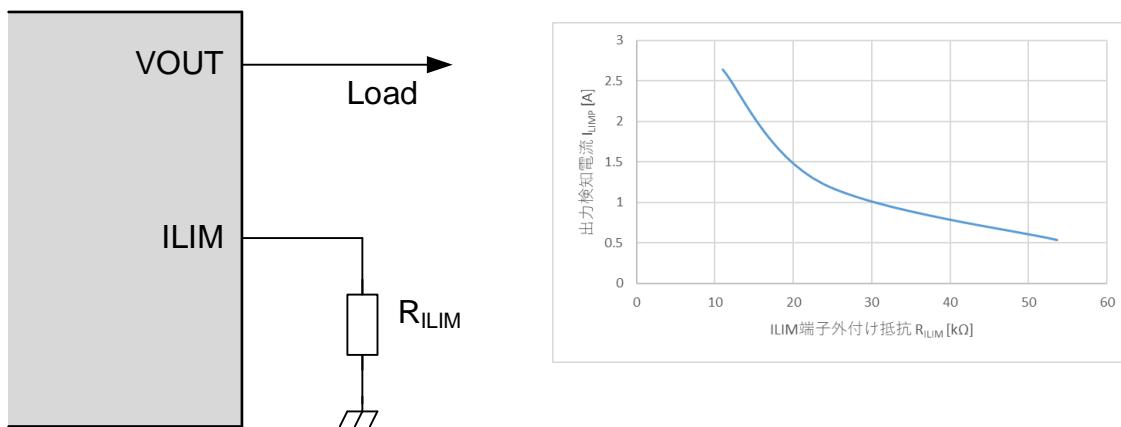


図 6.8 ILIM 端子周辺外付け回路

図 6.9 ILIM — RILIM 特性例

表 6.4 データシート記載の過電流保護 (OCL) 特性

$V_{IN} = 24 \text{ V}$

項目	記号	測定条件	$T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$			$T_a = -40 \text{ to } 125 \text{ }^\circ\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
出力制限電流 (注 1)	I _{LIM}	$R_{ILIM} = 11 \text{ k}\Omega$, $V_{IN} - V_{OUT} = 2 \text{ V}$	—	2.40	—	1.84	2.98	A
		$R_{ILIM} = 23.7 \text{ k}\Omega$, $V_{IN} - V_{OUT} = 2 \text{ V}$	—	0.96	—	0.65	1.36	A
		$R_{ILIM} = 53.6 \text{ k}\Omega$, $V_{IN} - V_{OUT} = 2 \text{ V}$	—	0.35	—	0.18	0.57	A
		$R_{ILIM} = \text{Open}$, $V_{IN} - V_{OUT} = 2 \text{ V}$	—	0.06	—	—	—	A
出力検知電流 (注 1)	I _{LIMP}	$R_{ILIM} = 11 \text{ k}\Omega$	—	2.70	—	2.06	3.26	A
		$R_{ILIM} = 23.7 \text{ k}\Omega$	—	1.28	—	0.90	1.72	A
		$R_{ILIM} = 53.6 \text{ k}\Omega$	—	0.58	—	0.32	0.96	A
		$R_{ILIM} = \text{Open}$	—	0.19	—	—	—	A

注 1: 設計保証値

6.6. 短絡保護回路の動作

短絡保護回路は、電源ラインや負荷が何らかの異常により短絡した際に動作を停止して、過大な電流が流れるのを防ぐ回路です。TCKE6 シリーズでは、ごく短い時間に出力電流が出力制限電流 I_{LIM} の 1.9 倍（標準）の電流が流れたときに短絡と判定して本回路が動作します。TCKE6 シリーズは超高速の短絡保護回路技術 (Fast trip 回路) を採用しており、短絡発生から t_{SHORT} (図 6.10 参照: 1 μ s (標準)) で保護回路を動作させることができます。

6.6.1. オートリトライタイプの VOUT 短絡保護動作

V_{OUT} 端子が短絡し、出力電流が出力制限電流 I_{LIM} の 1.9 倍に達した場合に V_{OUT} 短絡と判断し、出力を停止させます。その後ソフトスタート動作で動作を開始しますが、 V_{OUT} 電圧が短絡判断電圧 (1.7 V (標準)) 以下の状態を継続した場合、 V_{OUT} 短絡と判定しシャットダウン状態へ移行します。一定時間後に再び動作を開始しますが、 V_{OUT} 短絡が解消されていない場合は再びシャットダウンします。オートリトライタイプはこのように復帰の試行を繰り返します。

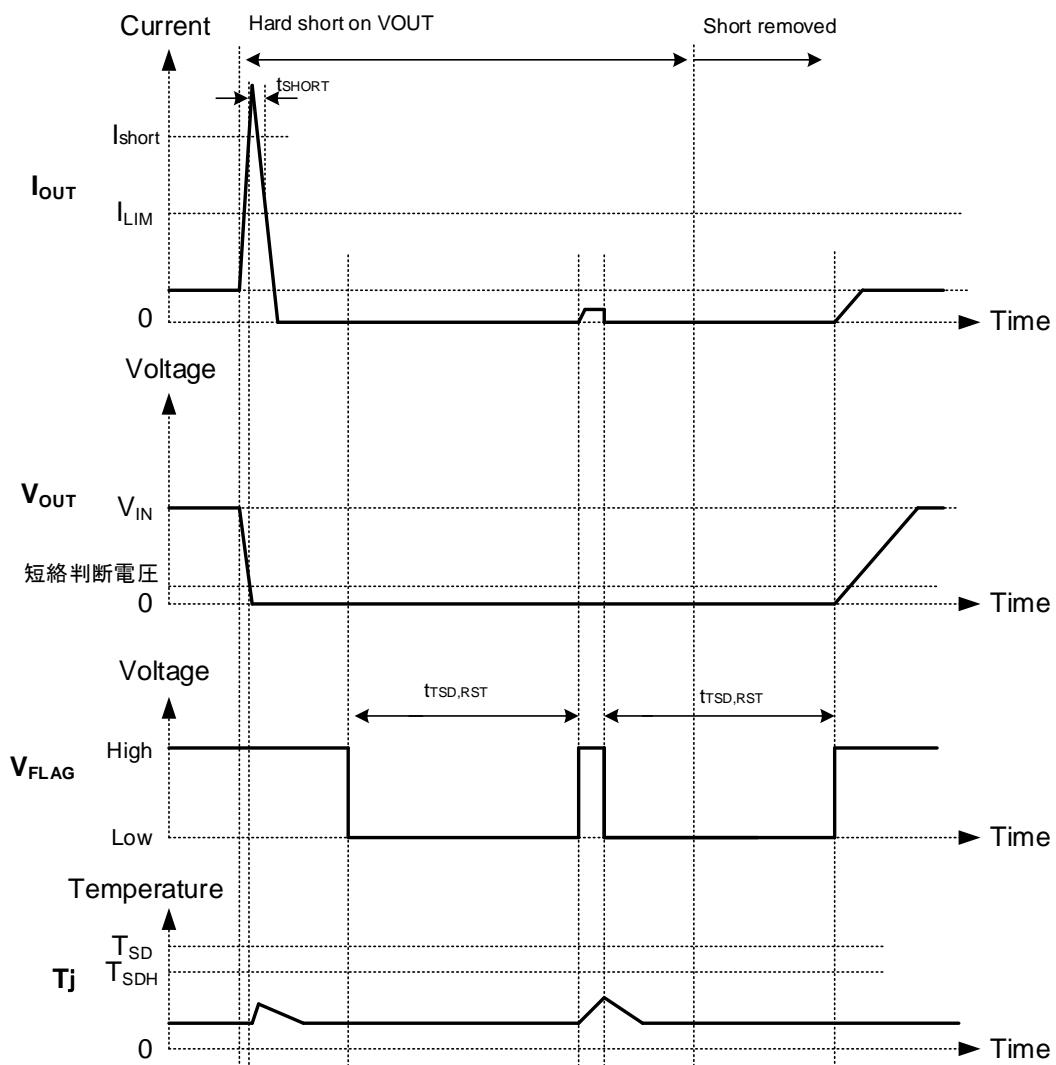


図 6.10 短絡保護と過電流保護 動作例 (TCKE601RA) (オートリトライタイプ)

6.6.2. ラッチタイプの VOUT 短絡保護動作

オートリトライタイプと同様に、VOUT 端子が短絡し、出力電流が出力制限電流 I_{LIM} の 1.9 倍に達した場合に VOUT 短絡と判断し、出力を停止させます。その後ソフトスタート動作で動作を開始しますが、VOUT 電圧が短絡判断電圧 1.7 V (標準) 以下の状態を継続した場合、VOUT 短絡と判定しシャットダウン状態へ移行します。復帰させるにはオートリトライタイプとは異なり、EN 端子のコントロール信号や V_{IN} の再印加などで再起動する必要があります。再起動するまで保護動作が継続します。

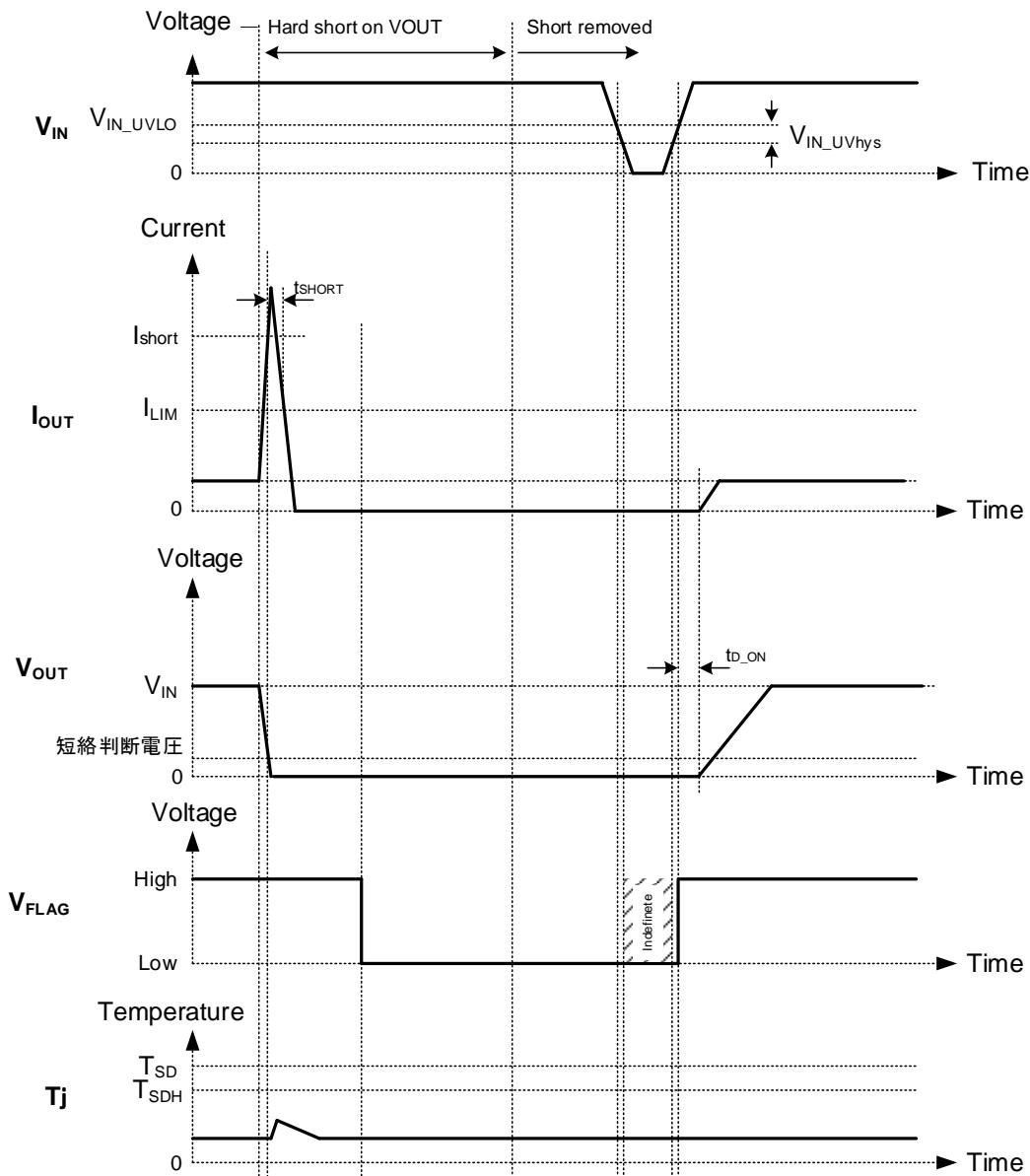


図 6.11 短絡保護と過電流保護 動作例 (TCKE601RL) (ラッチタイプ)

6.7. スルーレートコントロール機能 (インラッシュ電流抑制機能) の動作

出力がオンしたとき、負荷側に接続されたコンデンサーを充電するため突入電流が流れます。この電流が大き過ぎると過電流保護回路が動作して出力の立ち上がりが不能になったり、入力電圧のアンダーシュートや出力電圧にオーバーシュートが発生したりする恐れがあります。これらを防ぐため、出力電圧の立ち上がり時のスルーレートをコントロールして突入電流を制限するのが突入電流抑制回路です。TCKE6 シリーズの出力立ち上がり時間 tr は、150 μ s (Typ.) で固定です。図 6.12 に、本回路によって突入電流を制限したときの出力電圧の立ち上がりと突入電流の波形を示します。図 6.13 に、TCKE601RL に電源投入した際の出力電圧の立ち上がりと突入電流の波形を示します。

TCKE603RL, $V_{IN} = 24$ V, EN = L to H, $C_{OUT} = 1$ μ F, $T_a = 25^\circ$ C

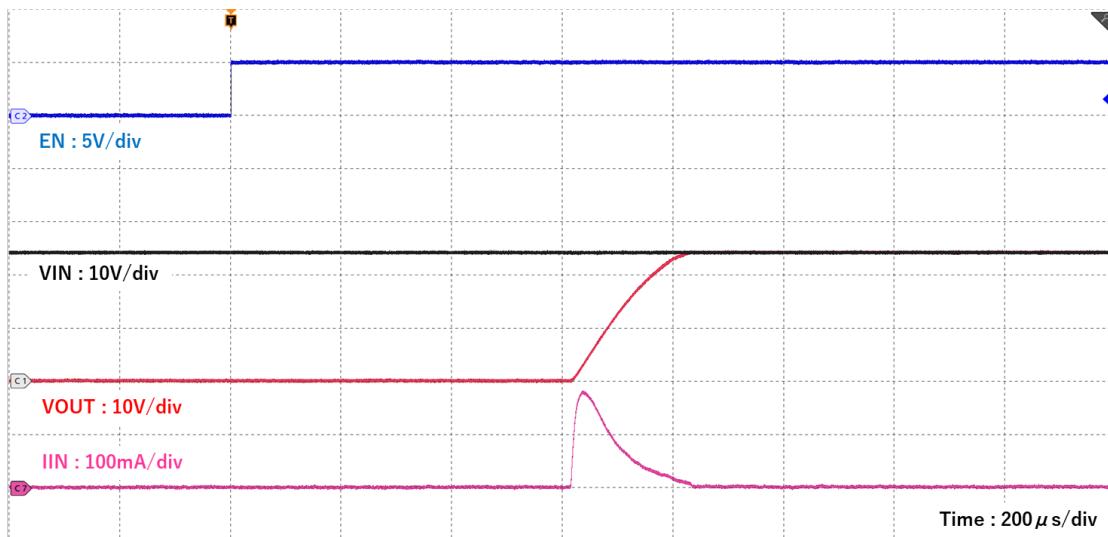


図 6.12 スルーレートコントロール機能 回路動作波形

TCKE601RL, $V_{IN} = 24$ V, $C_{OUT} = 1$ μ F, $T_a = 25^\circ$ C

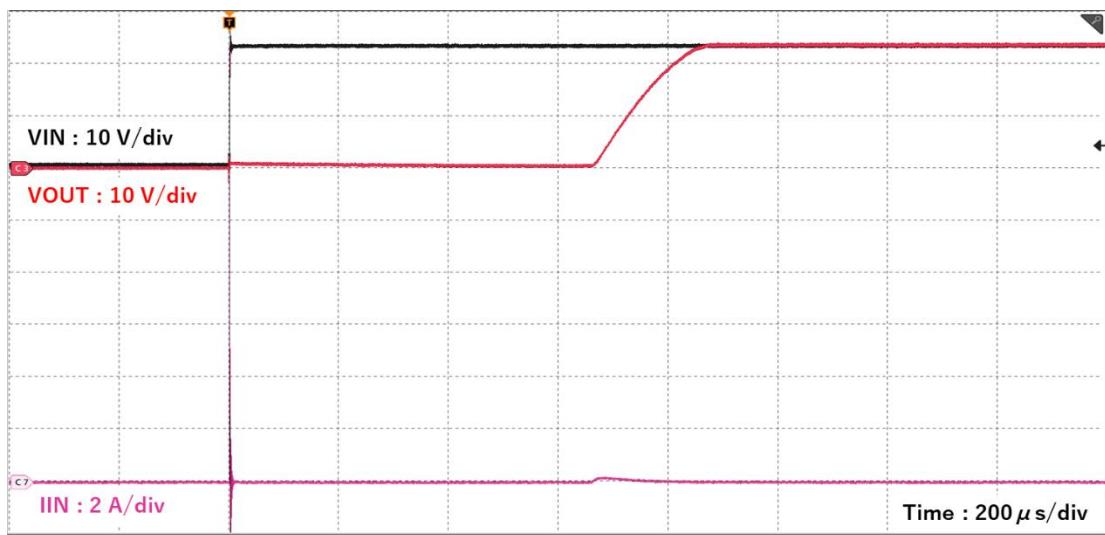


図 6.13 電源投入時のスルーレートコントロール機能 回路動作波形

6.8. FLAG 端子 (TCKE601RA/TCKE601RL のみ)

TCKE601RA/TCKE601RL には、FLAG 機能があります。FLAG 回路は、過電圧保護、短絡保護、過熱保護、低電圧誤動作防止が動作したときに、FLAG 端子出力を High → Low へ変化させてシステムの異常が発生していることを IC の外部へ出力する診断回路です。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（図 6.14）。

プルアップ抵抗は、FLAG 端子のシンク電流（最大定格）を十分考慮の上選定してください（プルアップ抵抗値の参考としては 10 kΩ となります）。また、実機でご十分評価の上、適切な抵抗値を決定してください。

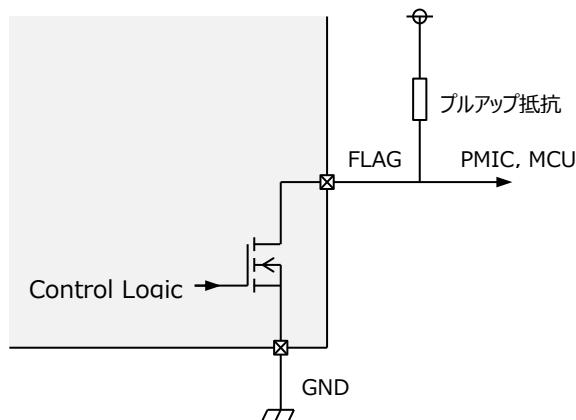


図 6.14 FLAG 端子等価回路

表 6.5 FLAG 出力の対象機能と動作

異常モード	FLAG 出力	IC 動作
過熱	Yes	シャットダウン
過電圧	Yes	シャットダウン
低電圧誤動作防止	Yes (注 2)	シャットダウン
過電流	—	I _{OUT} 電流リミット
短絡	Yes	シャットダウン
ILIM 端子短絡	—	シャットダウン

注 2: V_{IN} が内部動作電圧(2.2 V(標準))を下回ると FLAG が出力されなくなります。

6.9. MODE 端子 (TCKE602RM のみ)

TCKE602RM では、MODE 端子を切り替えることによって復帰モードを変えることが可能です。High レベル入力時に復帰動作タイプがオートリトライタイプになり、Low レベル入力またはオープン時は復帰動作タイプがラッチタイプになります。MODE 端子のオン/オフしきい値電圧はヒステリシスを持っていますので、制御信号の High レベルは 1.1 V 以上、Low レベルは 0.4 V 以下となるように設定してください。IC 動作中に MODE 端子を切り替えないようお願いいたします。

6.10. EN 端子 (TCKE603 のみ)

TCKE603RA/TCKE603RL は EN 端子を備えており、本端子を使って TCKE6 シリーズ の動作を制御することができます。EN 端子に外部からの制御信号を直接入力してください（図 6.15）。EN 端子のオン/オフしきい値電圧はヒステリシスを持っていますので、制御信号の High レベルは 1.1 V 以上、Low レベルは 0.4 V 以下となるように設定してください。

また、TCKE603RA/TCKE603RA の EN 端子には、図 6.16 のようにウインドウコンパレーターが接続されています。ウインドウコンパレーターは、 V_{REF_P} と V_{REF_N} の 2 つのしきい値が設定されているために、チャタリングやリンクが重畳した不安定な制御信号が入力されても図 6.17(b) のように安定した出力を得ることができます。これに対して、入力に対して 1 つのしきい値を持つ通常のインバータでは図 6.17(a) のように出力が誤動作したりする可能性があります。

なお、TCKE603RA/TCKE603RA は、IC 内部にプルダウン抵抗 R_{EN} が内蔵されており、EN 端子がオープンになると EN を Low レベルに制御します。

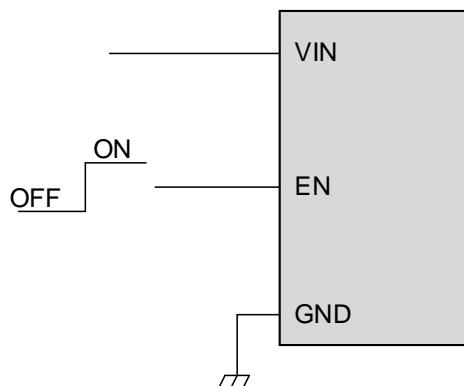


図 6.15 EN 端子の接続例 (外部制御)

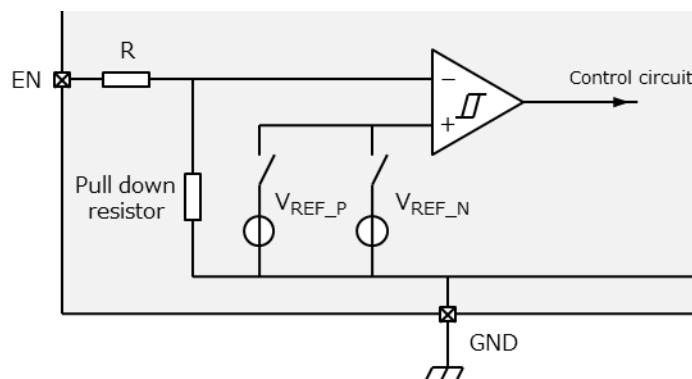


図 6.16 EN 端子等価回路

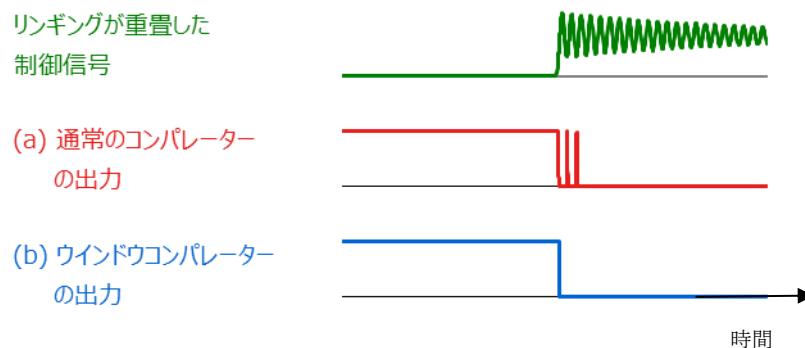


図 6.17 通常のコンパレーターとウインドウコンパレーターの動作

6.11. 出力ディスチャージ機能

TCKE6 シリーズは、IC 内部にディスチャージ抵抗 R_{DIS} があり、IC がオフしたときに出力コンデンサーをディスチャージします。図 6.18 に TCKE6 シリーズの出力ディスチャージ波形となります。IC がオフになると内部のディスチャージ用 MOSFET がオンして、出力電圧を 0 V にします。ディスチャージ用 MOSFET は初期状態では飽和領域で動作し、定電流放電を行います。その後、この MOSFET が線形領域に入ると、抵抗放電となります。

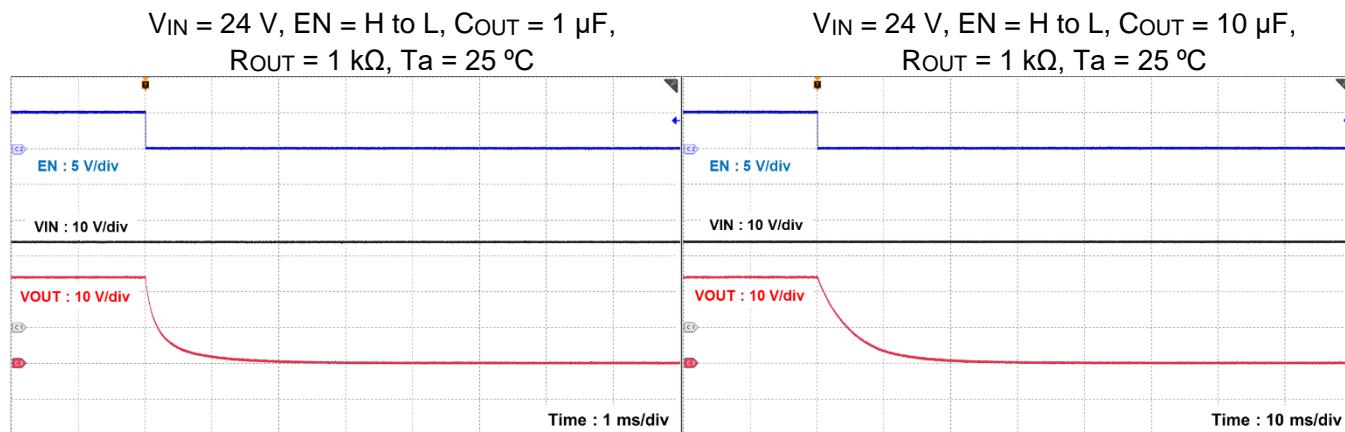


図 6.18 出力ディスチャージ波形

7. TCKE6 シリーズの応用例

以下に応用例を紹介します。

- ロボットクリーナー

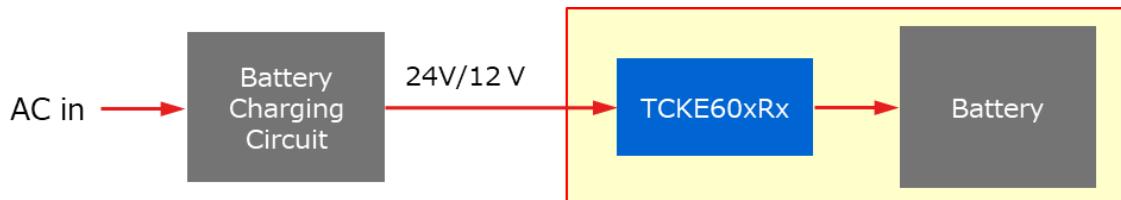


図 7.1 ロボットクリーナーへの応用

- 業務用プリンター



図 7.2 業務用プリンターへの応用

8. ご使用上の注意

本製品の起動時に容量性以外の負荷を接続してご使用する場合は下記の点にご注意ください。

- 本 IC を起動する際の負荷は出力制限電流 I_{LIM} 以下の電流となるようにしてください。
- $T_a = -10^{\circ}\text{C}$ 以下では V_{OUT} が 100 mV 以上立ち上がった後に電流を流すようにして V_{OUT} を立ち上げてください。

• 入出力コンデンサーについて

本製品はセラミックコンデンサーが使用可能ですが、種類によっては非常に大きな温度特性を持つ場合もあります。コンデンサーの選定にあたっては、使用環境を十分に考慮し、選定してください。出力コンデンサーが大きい場合、突入電流による発熱で IC の過熱保護機能が動作し出力が立ち上がらない場合がございますので、必ず実機でご確認ください。

• 実装について

IC と入力・出力コンデンサーの距離が長いと、この配線抵抗のインピーダンスや L 成分により位相補償に影響を及ぼす可能性があります。より安定した電源にするため、入力・出力コンデンサーはできるだけ IC の近くに実装し、VIN と GND パターンはできるだけ大きくして配線インピーダンスを小さくしてください。

• 許容損失について

実使用状態では予想される最大許容損失に対して、できるだけ余裕を持った基板パターン設計をしてください。また実際のご使用の際には周囲温度、入力電圧、出力電流などのパラメーターを考慮の上、最大許容損失に対して、適当なディレーティングを考慮した設計をお願いします。

• 保護回路について

本製品は過電流保護回路、過熱保護回路を内蔵しておりますが、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。ご使用条件によっては製品仕様や信頼性保証に影響を与える可能性があります。本デバイスのご使用にあたっては、上記および当社「半導体信頼性ハンドブック」など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、いかなる場合でも絶対最大定格を超えないようご注意ください。なお、セットでフェールセーフなどの十分な安全対策を施すことを推奨いたします。

9. まとめ

ここまで TCKE6 シリーズ の使用方法や基本的な保護機能についての説明を記載しました。 TCKE6 シリーズは単に大電流を遮断するだけではなく、過電圧や過熱など考えられるさまざまな異常状態から IC や機器を保護することができます。また、突入電流の抑制や低電圧時の誤動作防止など便利な機能もそろえています。これらの機能は電子機器の信頼性を大きく向上させることに貢献します。本資料を参考に TCKE6 シリーズ をご活用いただき、機器の高性能化や小型化、トータルコストの低減を実現いただければ幸いです。

- eFuse IC の製品ページはこちら →

[Click Here](#)

- eFuse IC のパラメトリックサーチはこちら →

[Click Here](#)

- eFuse IC の FAQ はこちら →

[Click Here](#)

- eFuse IC のご購入はこちら →

[Click Here](#)

(注) 社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

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”といいます）に使用されることを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。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/>