

異常検出機能(FLAG)・逆流防止機能付き eFuse IC TCKE712BNL 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 です。

本資料では、豊富な保護機能と異常検出して外部に信号を出力できる FLAG 機能を内蔵した電子ヒューズとも呼ばれる eFuse IC の TCKE712BNL 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、突入電流抑制、OFF 時逆流防止、低電圧誤動作防止、 $\overline{\text{FLAG}}$ 出力ほか）の動作について説明します。

本 IC は、外部から信号を利用してオン、オフを制御ができるので、ロードスイッチ IC として使用することも可能です。

目次

概要	1
目次	2
1. はじめに	5
2. eFuse IC とは	5
2.1. eFuse IC の使用方法	5
2.2. eFuse IC 使用によるメリット	6
3. TCKE712BNL の周辺回路例	7
4. TCKE712BNL の内蔵機能	9
5. TCKE712BNL のブロック図	10
6. TCKE712BNL の各種回路の説明	11
6.1. チャージポンプ回路 [図 5.1 (1)]	11
6.2. 過電圧保護回路 [図 5.1 (2)]	11
6.2.1. 過電圧保護回路 (OVP) の動作	11
6.2.2. 過電圧保護の設定	13
6.3. 低電圧誤動作防止回路 (UVLO) [図 5.1 (3)]	13
6.4. 過熱保護回路 [図 5.1 (4)]	15
6.5. 過電流保護回路 [図 5.1 (5)]	16
6.5.1. 過電流保護回路の動作	16
6.5.2. 過電流保護回路の設定	19
6.6. 短絡保護回路 [図 5.1 (6)]	19
6.7. 突入電流抑制回路 (スルーレートコントロール) [図 5.1 (7)]	21
6.7.1. 突入電流抑制回路の動作	21
6.7.2. 出力電圧 VOUT 立ち上がり時間 (スルーレート) の設定	21
6.8. 逆流防止回路 [図 5.1 (8)]	22
6.9. FLAG 回路	22
6.10. EN 端子	23
7. EN 端子信号による制御方法例	25
8. TCKE712BNL の応用例	28
9. まとめ	29
製品取り扱い上のお願い	30

図目次

図 2.1	eFuse IC の使用例	5
図 3.1	TCKE712BNL の周辺回路例	7
図 3.2	TVS ダイオード、SBD を併用した TCKE712BNL の周辺回路例	8
図 5.1	TCKE712BNL のブロック図	10
図 6.1	OVP 端子周辺回路	11
図 6.2	過電圧保護動作例	12
図 6.3	過電圧保護回路の過電圧検出例	12
図 6.4	過電圧保護回路の過電圧検出例	14
図 6.5	過熱保護回路動作例	15
図 6.6	過熱保護回路と動作原理	16
図 6.7	過電流保護動作例	17
図 6.8	パルス状の過電流が連続して流れたときの過電流保護動作例	18
図 6.9	ILIM 端子周辺外付け回路	19
図 6.10	$I_{OUT_CL} - R_{ILIM}$ 特性例	19
図 6.11	Fast trip 動作時の出力電圧と出力電流波形	20
図 6.12	短絡保護回路と過電流保護動作例	20
図 6.13	突入電流抑制 (スルーレートコントロール) 回路動作波形	21
図 6.14	dV/dT 端子周辺外付け回路	21
図 6.15	$t_{dv/dT} - C_{dv/dT}$ 特性	21
図 6.16	バック・トゥ・バックによる逆流防止回路	22
図 6.17	FLAG 端子等価回路	22
図 6.18	EN 端子等価回路	23
図 6.19	通常のコンパレータとウィンドウコンパレータの動作	23
図 6.20	$I_{EN} - V_{EN}$ 特性 (参考値)	24
図 7.1	EN 端子の接続例 (VIN 直結)	25
図 7.2	EN 端子の接続例 (外部制御)	25
図 7.3	EN 端子の接続例 (VIN とスイッチで接続)	26
図 7.4	EN 端子の接続例 (V_{IN} 抵抗分割)	26
図 8.1	ノートブック PC/ モバイル機器への応用	28
図 8.2	SSD/ ハードディスクへの応用	28
図 8.3	サーバーへの応用	28
図 8.4	ウェアラブル/ IoT 機器への応用	29

表目次

表 2.1	eFuse IC(TCKE712BNL) と従来ヒューズの比較.....	7
表 4.1	TCKE712BNL の内蔵機能.....	9
表 5.1	TCKE712BNL の端子説明.....	10
表 6.1	データシート記載の V_{OVPR} 規格	11
表 6.2	データシート記載の 過電圧保護プルダウン抵抗 R_{OVP} 規格	13
表 6.3	データシート記載の低電圧誤動作防止 $UVL0$ 規格.....	14
表 6.4	データシート記載の過熱保護 T_{SD} 規格	16
表 6.5	データシート記載の過電流フラグ消去時間/ 過電流におけるスイッチオフ遅延 $t_{FLAGblank}$ 規格	17
表 6.6	データシート記載の短時間 (<5 ms) 制限カウント時間 t_{OCP_COUNT} 規格	18
表 6.7	FLAG 出力の対象機能と動作タイミング	23
表 6.8	データシート記載の EN 端子プルダウン抵抗規格.....	24

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（リセットブルヒューズ、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、本ガイドでは、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電流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。

当社では、異常検出した時に外部に出力することのできる FLAG 機能*を内蔵した高性能 eFuse IC として TCKE712BNL を開発しました。TCKE712BNL では、過電流保護機能(OCP)、短絡保護機能、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、さらにそれぞれの設定値が調整可能です。加えて、過熱保護機能、出力オフ時の逆流防止機能の豊富な機能を内蔵しており、効果的に回路や機器を保護することができます。

本資料では、TCKE712BNL の主な特性、動作、使用方法および用途について解説します。

*[FLAG の詳細](#)および FLAG が出力される機能の一覧はこちら。

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。過剰な電流を検出した検出回路の出力信号により、内蔵された MOSFET をオフして電流を遮断します。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

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可能です。また、TCKE712BNLでは、設定可能な過電流保護及び過電圧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せんが、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ほか、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べて、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。

- 国際安全規格取得による機器設計の簡易化

国際的に認知された安全規格を遵守するために必要な試験には時間が掛かります。民生用や産業用などの商用機器で広く使用される情報通信機器や AV 機器には、国際安全規格 IEC62368-1 が該当しますが、この規格では機器で異常が発生した際に迅速、かつ確実に電源を遮断することが求められています。TCKE712BNL はこの規格の中の G.9(IC current limiters)を取得済みで、安全規格に関する機器の試験を一部省略することができることから、機器設計の省力化と設計期間の短縮に貢献します。

東芝 TCKE712BNL と従来ヒューズの比較を表 2.1 に示します。

表 2.1 eFuse IC(TCKE712BNL) と従来ヒューズの比較

	ガラス管ヒューズ	チップ電流ヒューズ	ポリスイッチ (リセットابلヒューズ)	東芝 TCKE712BNL
サイズ	3 mm × 10 mm ～	1 mm × 0.5 mm ～	1 mm × 0.5 mm ～	3 mm × 3 mm (WSON10)
繰り返し性	なし	なし	あり	あり
過電流保護	なし (定格電流)	なし (定格電流)	なし (I trip)	0.5 A to 3.6 A (外付け抵抗で調整可能)
過電圧保護 (クランプ電圧)	なし	なし	なし	あり (外付け抵抗で調整可能)
短絡保護速度	✓ (熱による破断のため)	✓ (熱による破断のため)	✓ (熱による物性変化のため)	✓✓✓ (電気的な検出のため 高速:320 ns (標準))
過熱保護機能	なし	なし	なし	あり
FLAG 機能	なし	なし	なし	あり
OFF 時逆流防止 機能	なし	なし	なし	あり(内蔵)

※✓：遅い (ミリ秒程度) ✓✓✓：速い (マイクロ秒以下)

チップヒューズやポリスイッチは部品のサイズは小さくなっていますが、eFuse IC はさまざまな保護機能を内蔵しており、これらの機能を複数の部品で構成した場合と比較すると、従来ヒューズよりも大幅に実装するサイズが大きくなります。その他、項目によっては従来ヒューズの方が有利な面もありますが、総合的に eFuse IC の利点が多いことがお分かりいただけるかと思います。

3. TCKE712BNL の周辺回路例

TCKE712BNL の周辺回路例を以下に示します。

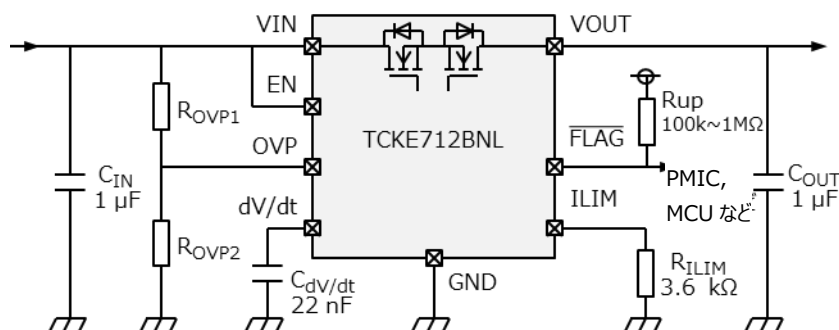


図 3.1 TCKE712BNL の周辺回路例

入力端子 VIN には電源を接続します。通常の動作時には MOSFET を経て、出力端子 VOUT から VIN とほぼ同じ電圧が出力されます。

短絡や過電流の保護機能が動作して電流が急減すると、TCKE712BNL の入出力端子に接続される配線などのインダ

クタン成分の逆起電力により高いスパイク電圧が発生し、TCKE712BNL がダメージを受け、劣化や破壊に至る恐れがあります。この場合、入力側にはプラスのスパイク電圧が、出力側にはマイナスのスパイク電圧がそれぞれ発生します。

基板設計では TCKE712BNL 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できることがご理解いただけると思います。

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

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)

TCKE712BNL では C_{IN} に $1\mu F$ 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。TCKE712BNL の入力側に TVS ダイオード (ESD ダイオード) を接続することにより、ESD (静電気放電・サージ) 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に対しては、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ことができます。SBD は TCKE712BNL 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 TCKE712BNL の VOUT 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、TCKE712BNL の保護をより強化することができますので、TCKE712BNL には TVS 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 3.2 に示します。

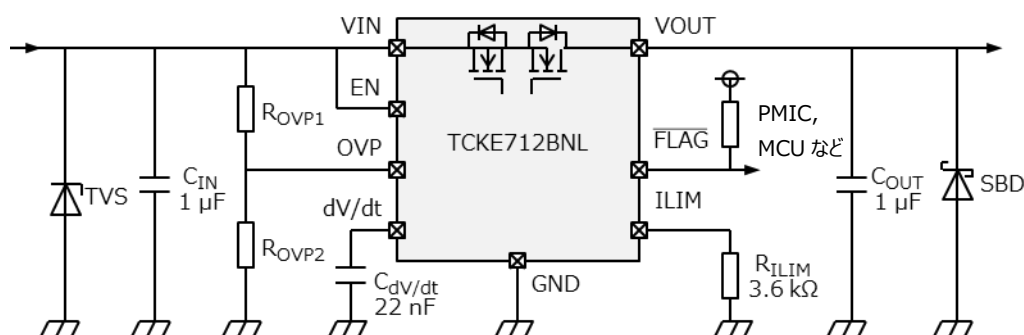


図 3.2 TVS ダイオード、SBD を併用した TCKE712BNL の周辺回路例

この回路例で TCKE712BNL と組み合わせる製品として、TVS ダイオードとして DF2S23P2CTC を、SBD として CUHS20S30 をそれぞれ推奨します。この製品の詳細と TVS ダイオードの選択、使用方法については下記リンク先をご参照ください。

TVS ダイオード DF2S23P2CTC の詳細はこちら →

Click Here

ショットキーバリアダイオード CUHS20S30 の詳細はこちら →

Click Here

ESD 保護用ダイオード（TVS ダイオード）の基礎（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

その他、ILIM 端子には過電流保護の制限電流値 I_{OUT_CL} を決定する抵抗を接続します。上記の例では制限電流が約 1.7 A に設定されています。dV/dT 端子には突入電流抑制のためのスルーレート調整用のコンデンサーを接続します。FLAG 端子は過電流保護、過熱保護および過電圧保護が動作すると PMIC や MCU に異常を出力する端子で、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。EN 端子は内蔵する MOSFET のオン/ オフ制御を行うほか、外付け抵抗の設定によって低電圧誤動作防止回路の動作しきい値電圧を最適値に設定できます。OVP 端子には過電圧保護のシャットダウン電圧値を決定する抵抗を接続します。

これら各端子の機能と外付け素子の決定方法については、6、7 章 にて詳述していますので、そちらをご参照ください。

4. TCKE712BNL の内蔵機能

TCKE712BNL は、表 4.1 のように eFuse IC として豊富な保護機能を内蔵しています。

表 4.1 TCKE712BNL の内蔵機能

	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
内蔵 / 非内蔵	内蔵	内蔵	内蔵	内蔵	内蔵	内蔵 (出力オフ時)	内蔵
設定値調整可否	可能	可能 (過電流保護の 設定値により決定)	可能	—	可能	—	—

5. TCKE712BNL のブロック図

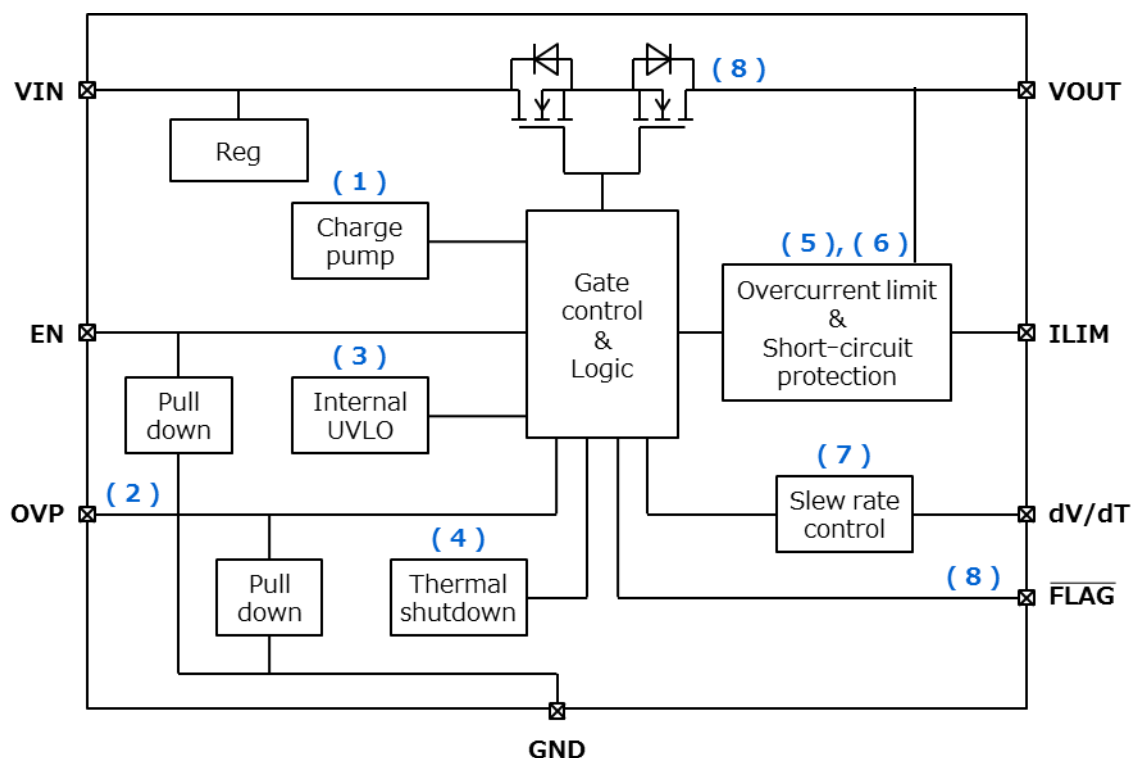


図 5.1 TCKE712BNL のブロック図

表 5.1 TCKE712BNL の端子説明

端子名	端子の説明
VIN	入力端子
dV/dT	立ち上がり時間を調整する端子です。dV/ dT 端子と GND 端子間に接続される容量値で立ち上がり時間を調整します。
EN	イネーブル端子です。
ILIM	過電流制限値を調整する端子です。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。
GND	グラウンド端子
OVP	過電圧保護(OVP)機能のしきい値電圧（スレッシュホールド電圧）を調整する端子です。OVP 端子に接続される抵抗値により過電圧保護機能のスレッシュホールド電圧を調整します。
FLAG	フラグ出力端子です。過電流、短絡、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。
VOUT	出力端子。

6. TCKE712BNL の各種回路の説明

6.1. チャージポンプ回路 [図 5.1 (1)]

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 [図 5.1 (2)]

6.2.1. 過電圧保護回路 (OVP) の動作

過電圧保護回路は、設定された入力電圧以上の電圧が印加されると出力をオフさせた後でラッチを掛けて、負荷に過電圧が印加されることを防ぐ回路です。出力がオフすると同時に、 $\overline{\text{FLAG}}$ 出力も " H " レベルから " L " レベルに反転してラッチが掛かります。TCKE712BNL の過電圧保護の動作例を図 6. 2 に示します。なお、過電圧保護回路は、EN 端子の制御信号をいったん " H " レベルから " L " レベルとすることでラッチが解除されます。

表 6.1 データシート記載の V_{OVPR} 規格

$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$, $R_{\text{LIM}} = 3.6\text{k}\Omega$

項目	記号	測定条件	$T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$			$T_a = -40\text{ to }85\text{ }^\circ\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
過電圧保護 スレッシュホールド電圧	V_{OVPR}	—	—	1.2	—	1.14	1.26	V

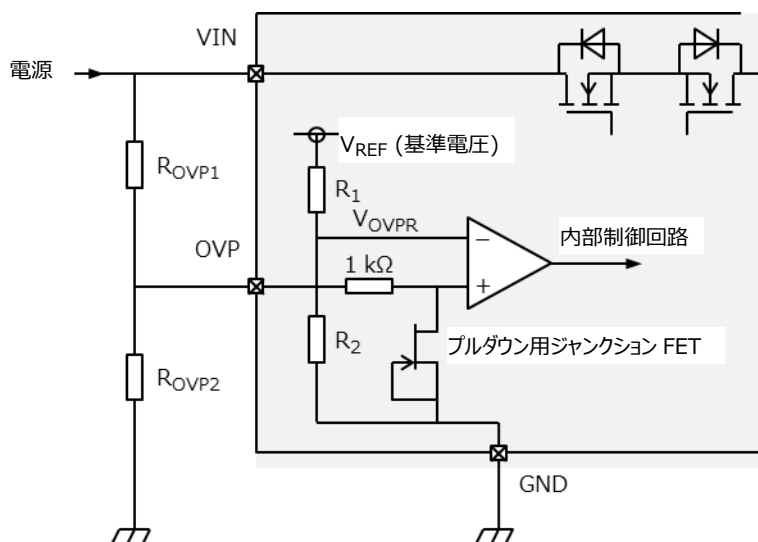


図 6.1 OVP 端子周辺回路

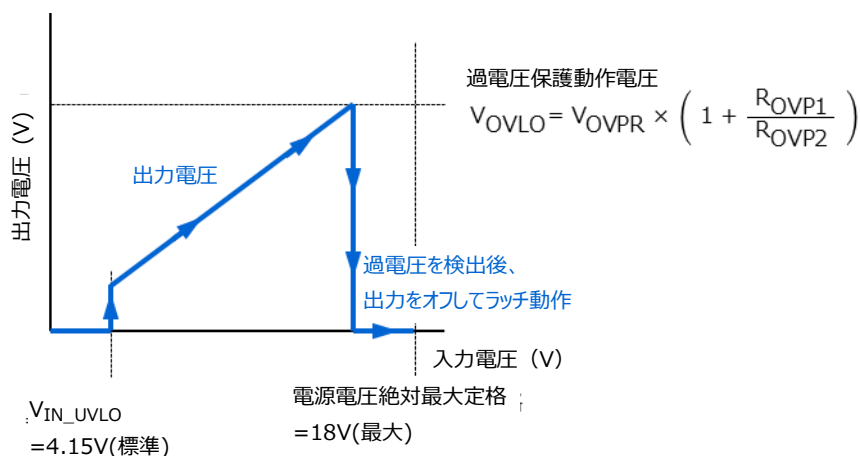


図 6.2 過電圧保護動作例

過電圧保護は、図 6.1 のように構成されており OVP 端子電圧 V_{OVP} と 内部コンパレーターの基準電圧 V_{OVPR} を比較することで行っています。図 6.3 のように V_{OVP} が V_{OVPR} 以上となる内部コンパレーターが反転して " L " レベルの電圧が出力され、スイッチ用の MOSFET をオフさせてラッチ動作を行います。

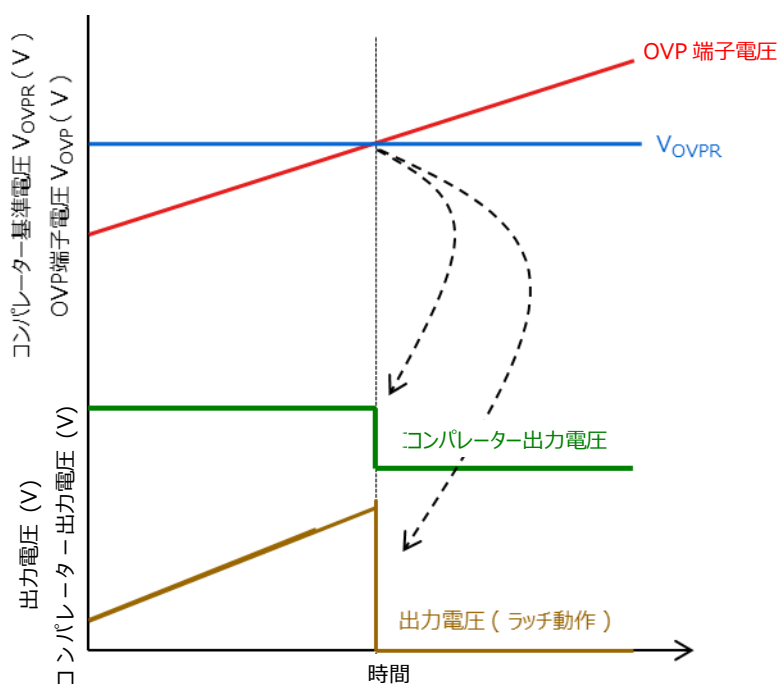


図 6.3 過電圧保護回路の過電圧検出例

また、OVP 端子がオープンとなり、IC の内部回路が不定状態とならないように、OVP 端子には、IC 内部で GND 端子との間に $R_{OVP} = 22 \text{ M}\Omega$ (標準) に相当するプルダウン用のジャンクション FET が接続されています。

表 6.2 データシート記載の 過電圧保護プルダウン抵抗 R_{OVP} 規格 $V_{IN} = 12V, R_{LIM} = 3.6k\Omega$

項目	記号	測定条件	$T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_a = -40\text{ to }85\text{ }^{\circ}\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
OVP 端子 プルダウン抵抗値	R_{OVP}	$V_{OVP} = 1.2\text{ V}$	—	22	—	11	60	$M\Omega$

6.2.2. 過電圧保護の設定

TCKE712BNL の過電圧保護は、図 6.1 のように R_{OVP1} と R_{OVP2} の 2 つの外付け抵抗で最適な値に設定することができます。過電圧保護の設定値は (6 - 1) 式により求められます。なお、抵抗値の選定にあたっては必ず実機で問題がないことを確認してください。

$$V_{OVP} = V_{OVPR} \times \left(1 + \frac{R_{OVP1}}{R_{OVP2}} \right) \quad (\text{V}) \quad (6-1)$$

V_{OVP} : 過電圧保護動作電圧 (V)

V_{OVPR} : 過電圧保護立ち上がりしきい値電圧 (V)

R_{OVP1}, R_{OVP2} : 過電圧保護設定用外付け抵抗値 (Ω)

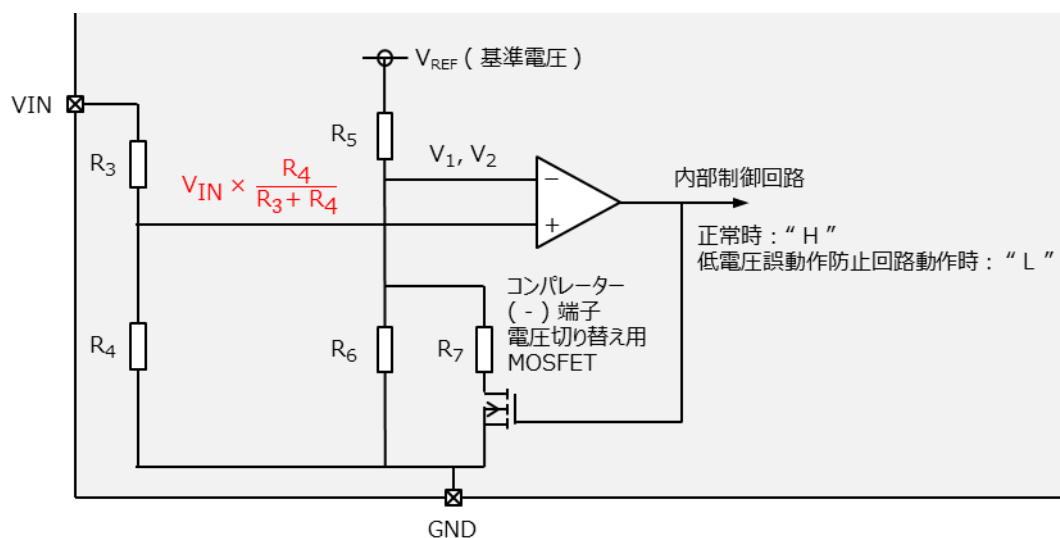
6.3. 低電圧誤動作防止回路 (UVLO) [図 5.1 (3)]

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} が低電圧保護しきい値電圧しきい値まで低下すると出力をオフ状態とし、 $V_{IN} \geq 4.15\text{ V}$ (標準) 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が設定されており、低電圧誤動作防止回路が動作後に、 V_{IN} が低電圧誤動作防止ヒステリシス V_{IN_UVhyst} 以上上昇すると、出力は自動的にオン状態となります。低電圧誤動作防止回路は、図 6.4 (a) のように V_{IN} を抵抗により分圧された電圧と 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同時に、基準電圧切り替え用の Nch MOSFET がオンして基準電圧が設定値 V_2 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。

表 6.3 データシート記載の低電圧誤動作防止 UVLO 規格

$$V_{IN} = 12V, R_{LIM} = 3.6k\Omega$$

項目	記号	測定条件	T _a = 25 °C			T _a = -40 to 85 °C		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
VIN 低電圧誤動作防止 (UVLO)しきい値電圧 上昇時	V _{IN_UVLO}	—	—	4.15	—	4.00	4.4	V
VIN 低電圧誤動作防止 (UVLO) ヒステリシス	V _{IN_UVhyst}	—	—	0.2	—	—	—	V



(a)

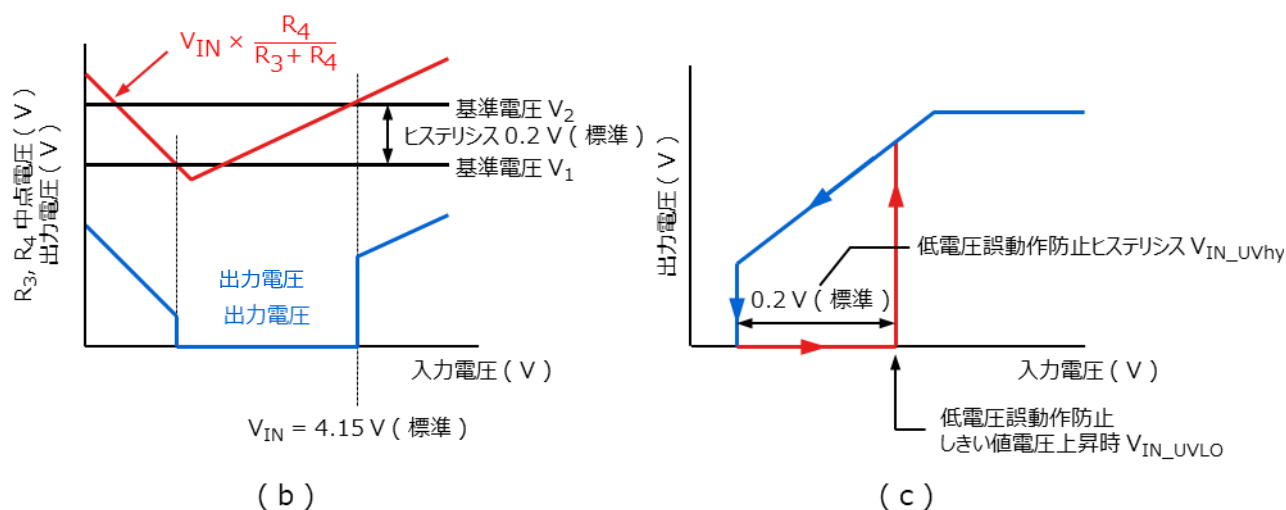


図 6.4 過電圧保護回路の過電圧検出例

6.4. 過熱保護回路 [図 5.1 (4)]

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り、周囲温度が急激に上昇して TCKE712BNL の接合温度が過熱保護しきり値温度 T_{SD} (134 °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。TCKE712BNL では、過熱保護が動作すると出力をオフさせてラッチを掛けると同時に、 $\overline{FLAG}$ 端子の出力も " H " レベルから " L " レベルとなりラッチが掛かります。ラッチの解除は、EN 端子にいったん " L " レベルの信号を入力することで行われます。図 6.5 に TCKE712BNL の過熱保護回路の動作例を示します。

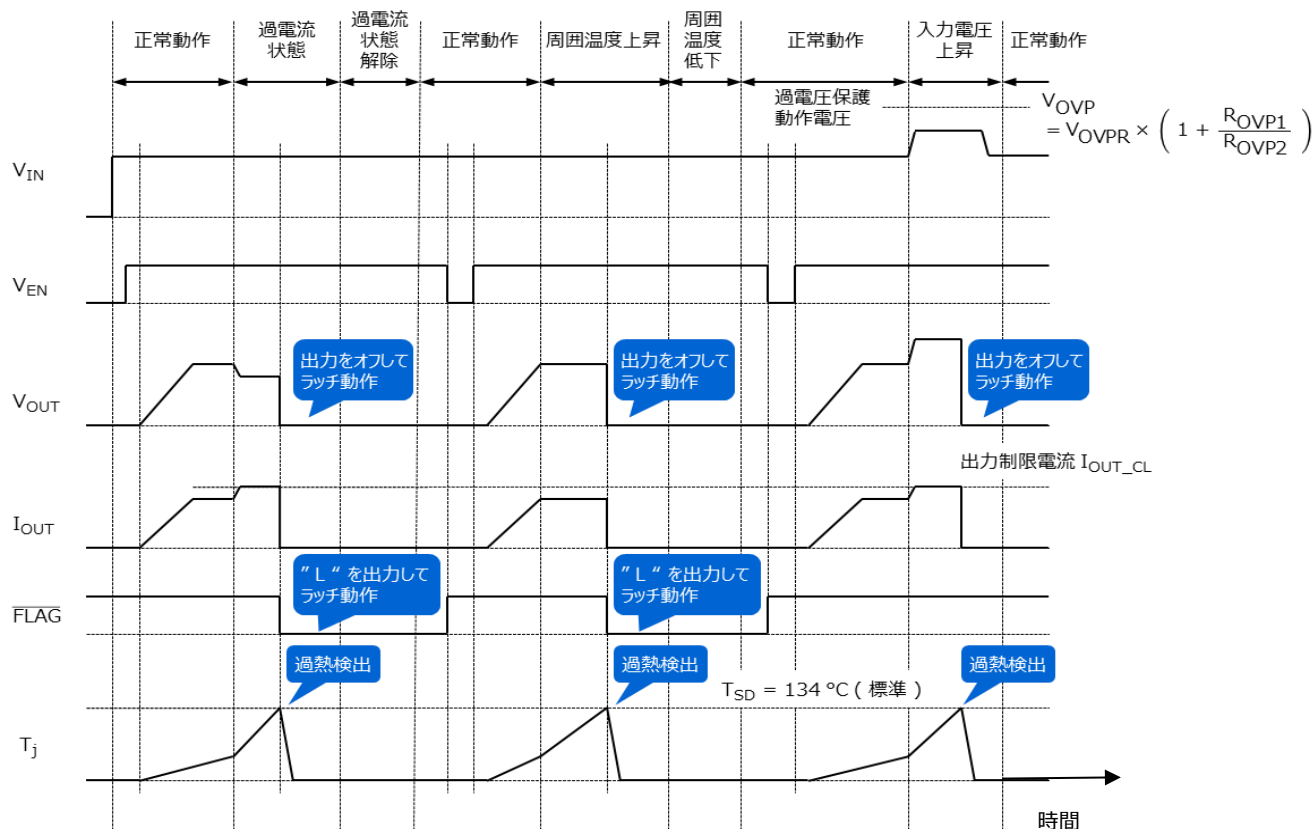


図 6.5 過熱保護回路動作例

接合温度の検出は、図 6.6 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。TCKE712BNL 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が反転して、TCKE712BNL の出力をオフ状態とします。同時に、 $\overline{FLAG}$ 端子の出力が " H " レベルから " L " レベルに反転します。ラッチの解除は EN 信号をいったん " L " レベルにすることで行われますが、接合温度が上昇する原因が排除されていないときには、再び、過熱保護が動作して出力と $\overline{FLAG}$ 出力はオフ状態となりラッチ動作を行います。

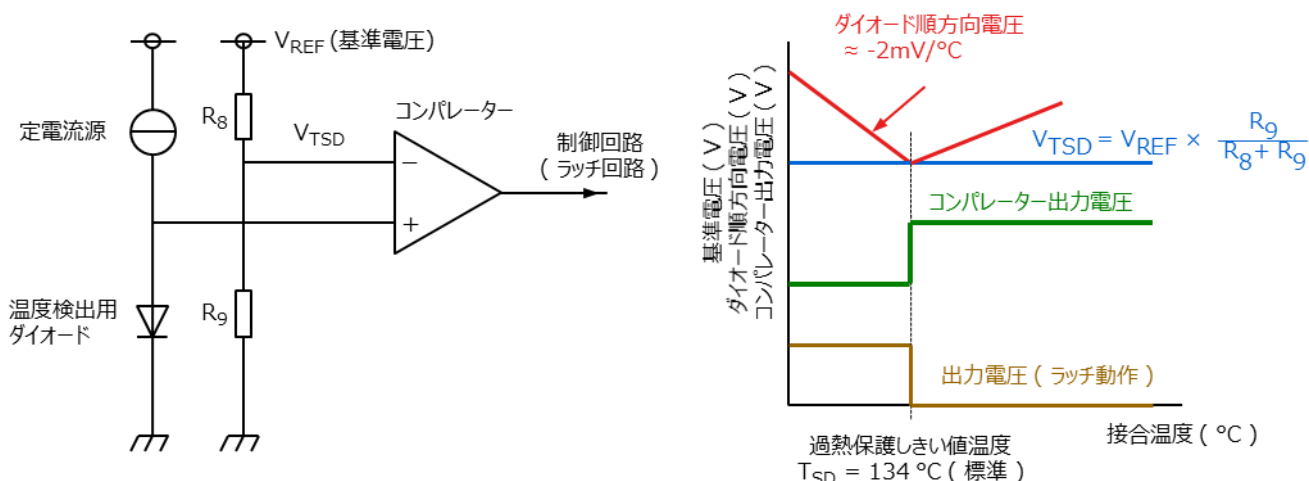


図 6.6 過熱保護回路と動作原理

表 6.4 データシート記載の過熱保護 T_{SD} 規格 $V_{IN} = 12V, R_{LIM} = 3.6k\Omega$

項目	記号	測定条件	$T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_a = -40\text{ to }85\text{ }^{\circ}\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
過熱保護しきい値温度	T_{SD}	T_j	—	134	—	—	—	$^{\circ}\text{C}$

6.5. 過電流保護回路 [図 5.1 (5)]

6.5.1. 過電流保護回路の動作

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制限電流 I_{OUT_CL} に達し、過電流を検知すると I_{OUT_CL} 以上の電流が流れないように出力電流が過電流時 FLAG 消去時間/ 過電流時スイッチオフ遅延時間 $t_{FLAGblank}$ (5.5 ms 標準) の期間でクランプされた後に、出力がオフとなりラッチが掛かります。また、同時に、 $\overline{FLAG}$ 端子の出力が " H " レベルから " L " レベルに反転します。また、 $t_{FLAGblank}$ 期間であっても、接合温度が過熱保護温度まで急激に上昇して過熱保護が動作すると、出力はオフしてラッチが掛かります。後述する短絡保護回路と合わせて、過電流に対して二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。TCKE712BNL の出力制限電流動作のタイミングチャートを図 6.7 に示します。

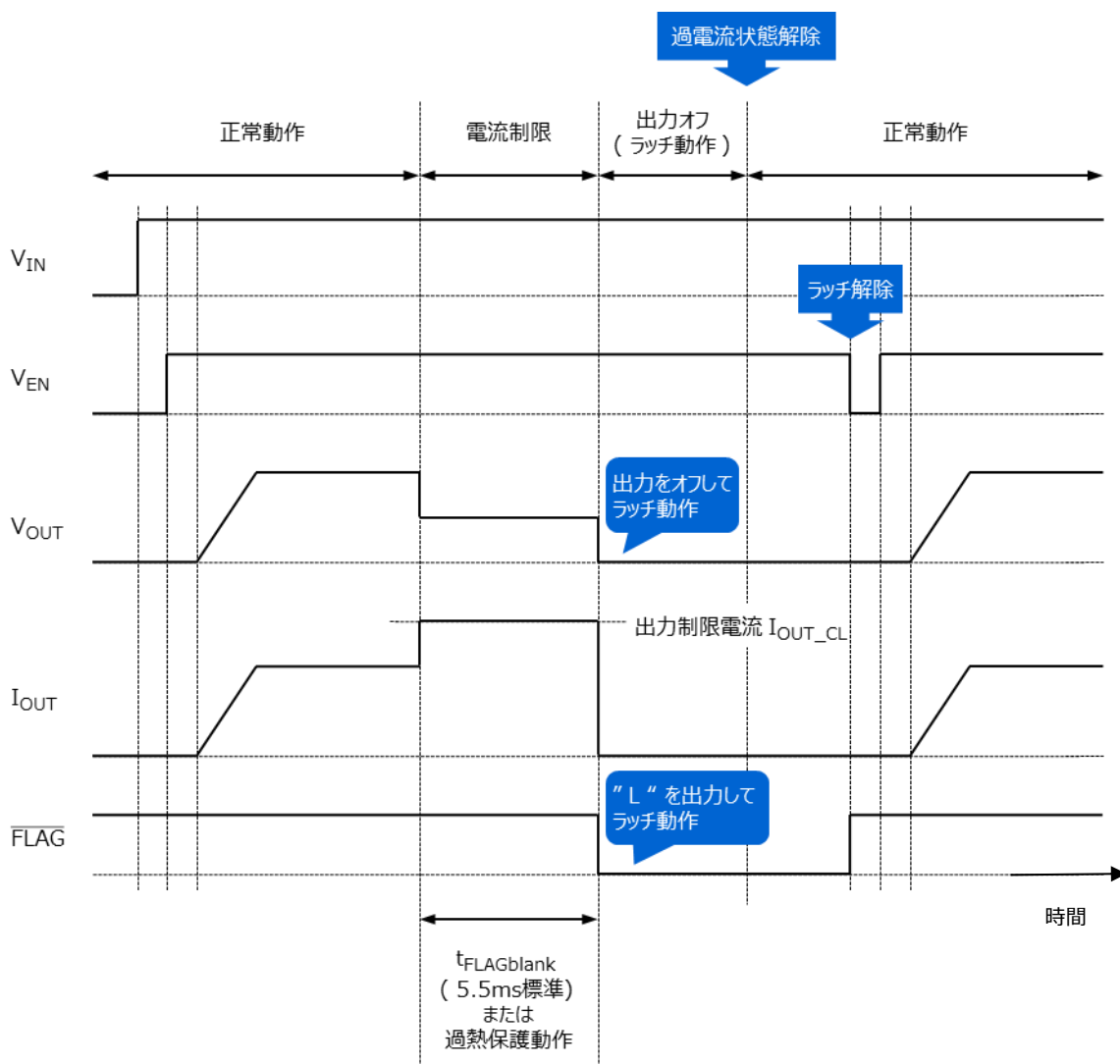


図 6.7 過電流保護動作例

表 6.5 データシート記載の過電流フラグ消去時間/ 過電流におけるスイッチオフ遅延 $t_{FLAGblank}$ 規格
 $V_{IN} = 12V$, $R_{LIM} = 3.6k\Omega$, $R_{LOAD} = 12\Omega$, $C_{IN} = C_{OUT} = 1\mu F$

項目	記号	測定条件	$T_a = -40 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$			単位
			最小	標準	最大	
過電流フラグ消去時間/ 過電流におけるスイッチオフ遅延	$t_{FLAGblank}$	過電流検出後、 V_{FLAG} が " L " になるまで (注)	3.3	5.5	—	ms

(注) : 設計保証値

また、TCKE712BNL では、図 6.8 のように $t_{FLAGblank}$ 未満のパルス状の過電流が 短時間過電流制限カウント時間 $t_{OCP_COUNT} = 176\text{ ms}$ (標準) の期間内に 5 回発生すると、システムの異常と判断して出力をオフすると同時に $\overline{FLAG}$ も " H " レベルから " L " レベルに反転してラッチが掛かります。

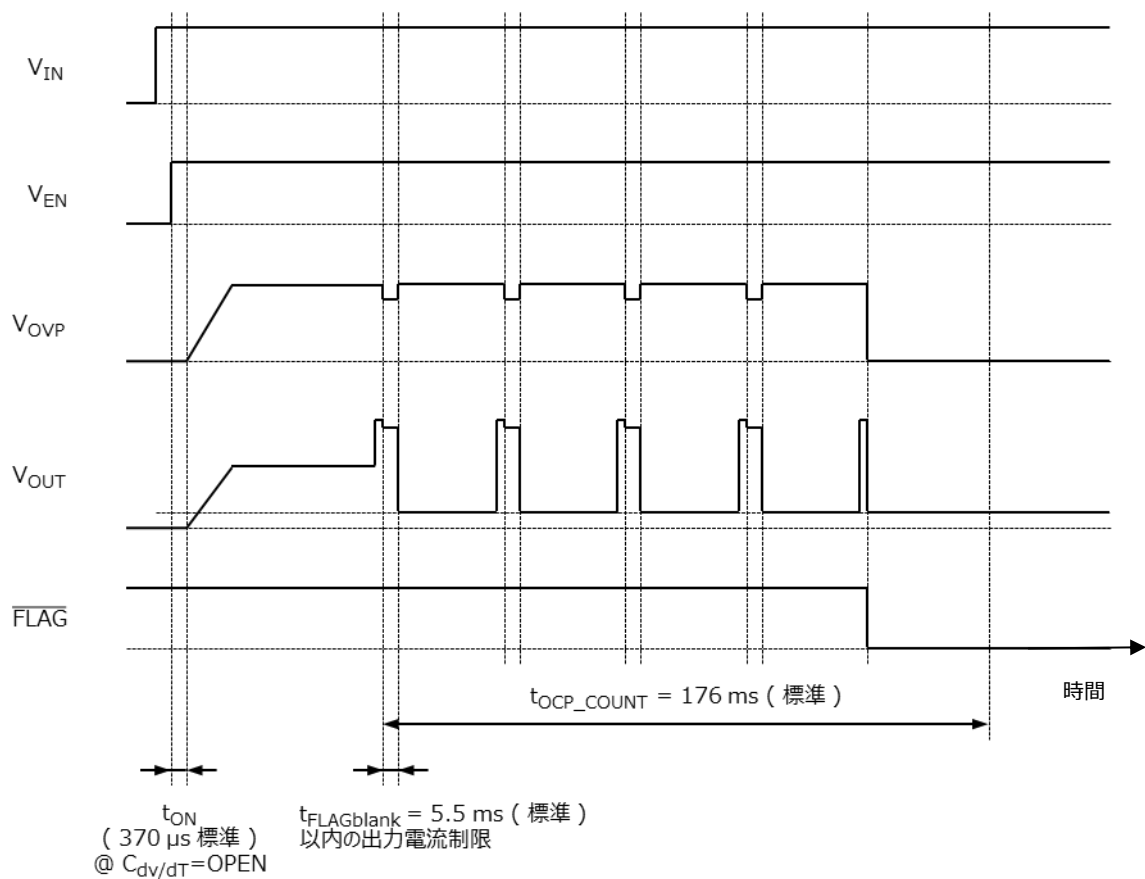


図 6.8 パルス状の過電流が連続して流れたときの過電流保護動作例

表 6.6 データシート記載の短時間（<5 ms）制限カウント時間 t_{OCP_COUNT} 規格

V_{IN} = 12V, R_{LIM} = 3.6kΩ, R_{LOAD} = 12 Ω, C_{IN} = C_{OUT} = 1 μF

項目	記号	測定条件	T _a = -40 ~ 85 °C			単位
			最小	標準	最大	
短時間（<5 ms）過電流 制限カウント時間	t _{OCP_COUNT}	－（注）	－	176	－	ms

（注）：設計保証値

6.5.2. 過電流保護回路の設定

TCKE712BNL の出力電流制限 I_{OUT_CL} 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にすることができます。 I_{OUT_CL} は (6 - 2) 式により求められますが、電流が 1A 以下の領域では理論値と実測値のずれが大きくなりますので、抵抗値の選定にあたっては必ず実機で確認ください。

$$I_{OUT_CL} = \frac{6200}{R_{ILIM}} \quad (A) \quad (6-2)$$

I_{OUT_CL} : 過電流制限値 (A)

R_{ILIM} : ILIM 端子外付け抵抗値 (Ω)

図 6.9 と図 6.10 に ILIM 端子の周辺回路図と I_{OUT_CL} と R_{ILIM} の関係を示します。

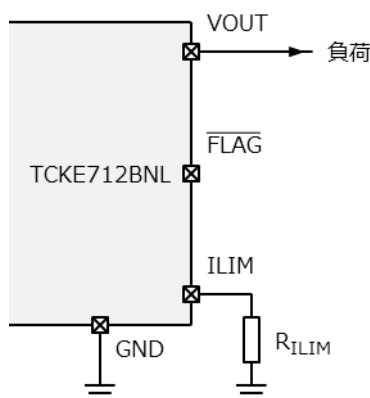


図 6.9 ILIM 端子周辺外付け回路

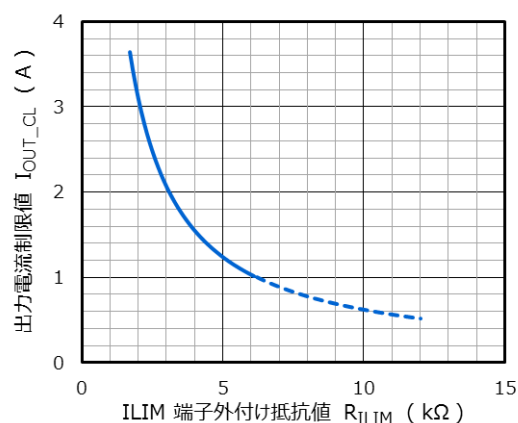


図 6.10 I_{OUT_CL} - R_{ILIM} 特性例

6.6. 短絡保護回路 [図 5.1 (6)]

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 (ショート) 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。TCKE712BNL では、ごく短い時間に出電流が出力電流制限電流 I_{OUT_CL} の 2.5 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。TCKE712BNL は超高速の短絡保護回路技術 (Fast trip 回路) を採用しており、図 6.11 のように短絡発生から 320 ns (標準) で保護回路を動作させることができます。

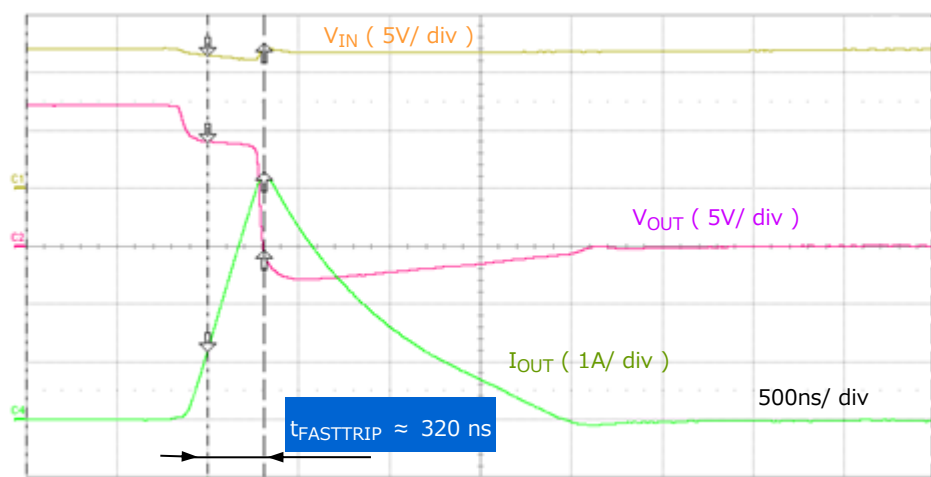


図 6.11 Fast trip 動作時の出力電圧と出力電流波形

短絡保護回路は、図 6.12 のように保護回路が動作した後に復帰動作を行い、短絡状態が継続していれば出力電流制限値 I_{OUT_CL} で決定される電流値で制限が掛かり、 $t_{FLAGblank}$ (5.5 ms 標準) 後、または $t_{FLAGblank}$ 期間中に過熱保護動作に入ると出力をオフとしてラッチが掛かると同時に、 $\overline{FLAG}$ 出力も " H " レベルから " L " レベルに反転してラッチが掛かります。

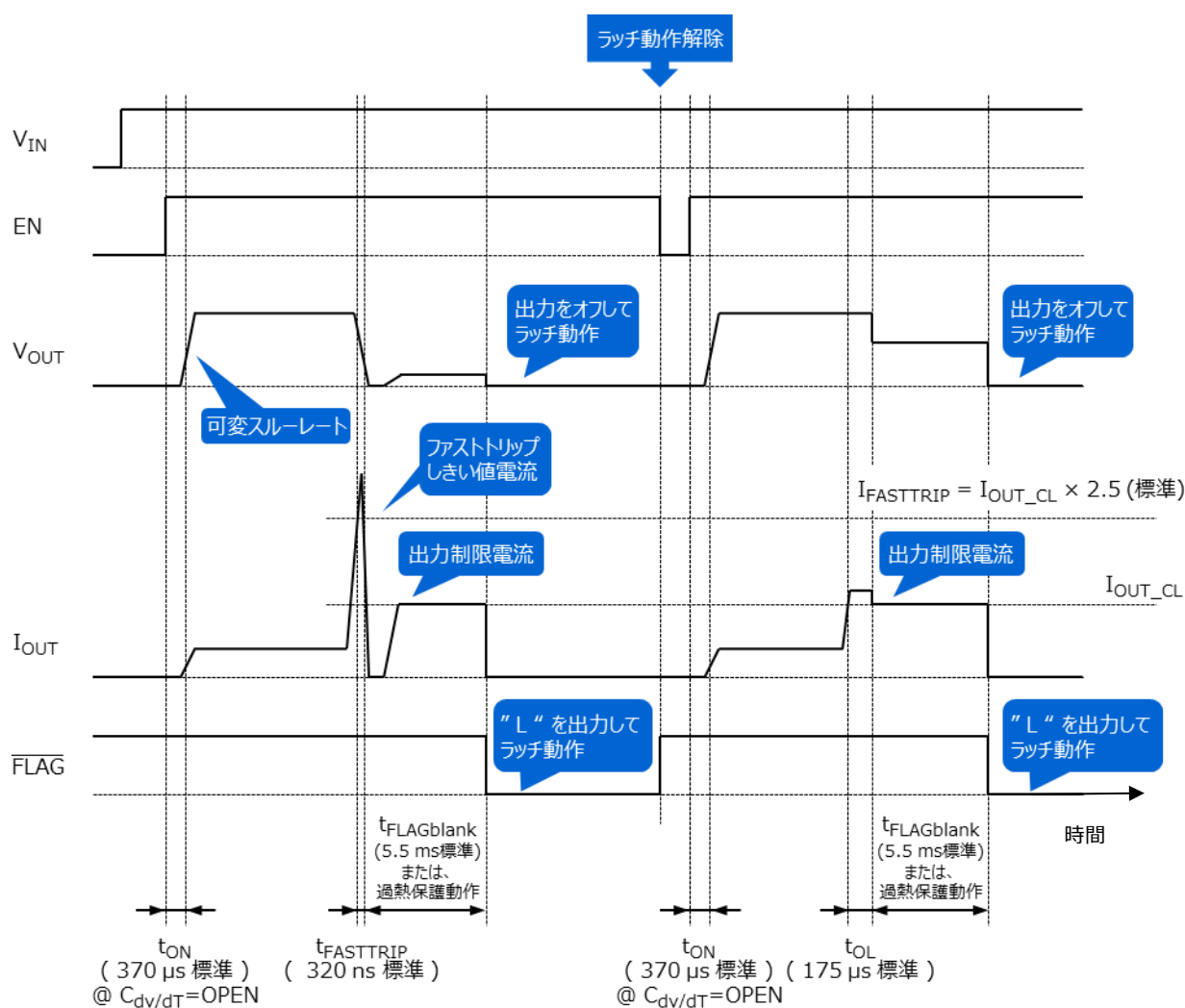


図 6.12 短絡保護回路と過電流保護動作例

6.7. 突入電流抑制回路（スルーレートコントロール）[図 5.1（7）]

6.7.1. 突入電流抑制回路の動作

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。この電流が大きす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。図 6.13 に、本回路により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様子を示します。

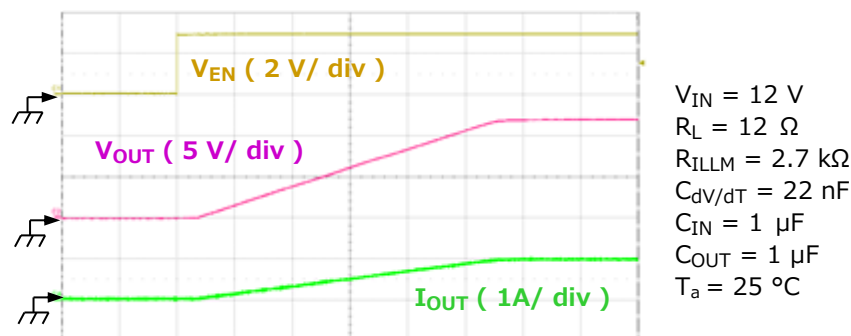


図 6.13 突入電流抑制（スルーレートコントロール）回路動作波形

6.7.2. 出力電圧 VOUT 立ち上がり時間（スルーレート）の設定

TCKE712BNL は dV/dT 端子に接続された外付けコンデンサーにより、出力電圧の立ち上がり時間 $t_{dV/dT}$ を適切に設定することができます。立ち上がり時間の計算式は（6-3）式で求めることができます。

$$t_{dV/dT}(\text{s}) = 18 \times 10^3 \times V_{IN} \times C_{dV/dT} + 4 \times 10^{-4} \quad (6-3)$$

V_{IN} : 入力電圧 (V)

$C_{dV/dT}$: dV/dT 端子外付け容量値 (F)

図 6.14 と図 6.15 に dV/dT 端子の周辺回路図と $t_{dV/dT} - C_{dV/dT}$ 特性を示します。

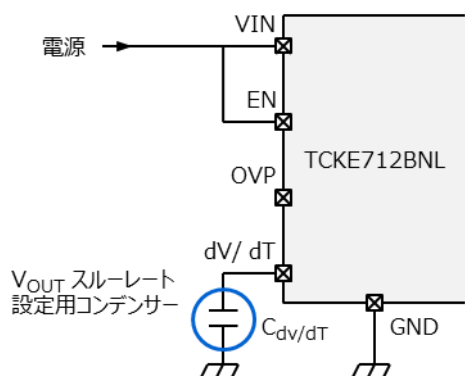


図 6.14 dV/dT 端子周辺外付け回路

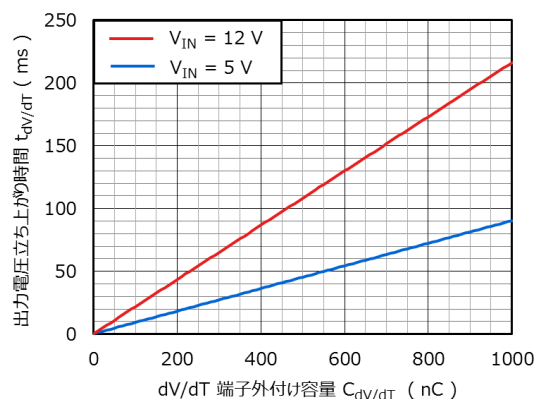


図 6.15 $t_{dV/dT} - C_{dV/dT}$ 特性

6.8. 逆流防止回路 [図 5.1 (8)]

逆流防止回路とは、入力電圧 V_{IN} のオフや EN 端子による制御などで、TCKE712BNL の動作が停止しているときに、 $V_{OUT} > V_{IN}$ の状態となり、VOUT 端子から VIN 端子へ電流が逆流するのを防止する回路です。TCKE712BNL は、バック・トゥ・バックの逆流防止回路を採用しています。バック・トゥ・バックとは、図 6.16 のように 2 つの Nch MOSFET をソースコモンに接続して、出力がオフさせるときに 2 つの MOSFET を同時にオフさせることで VOUT 端子から VIN 端子側への逆流を防止する回路です。

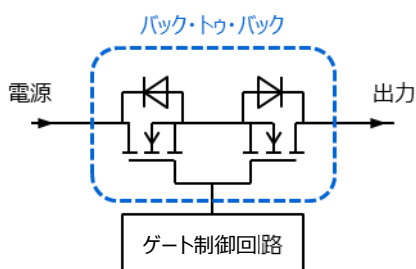


図 6.16 バック・トゥ・バックによる逆流防止回路

6.9. FLAG 回路

FLAG 回路は、過電圧保護、過電流保護および短絡保護が動作したときに、 $\overline{\text{FLAG}}$ 端子出力を "H" → "L" 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。 $\overline{\text{FLAG}}$ 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 6.17）。

プルアップ抵抗は、 $\overline{\text{FLAG}}$ 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 $100\text{ k}\Omega \sim 1\text{ M}\Omega$ となります）。また、実機にてご十分評価の上、適切な抵抗値を決定してください。

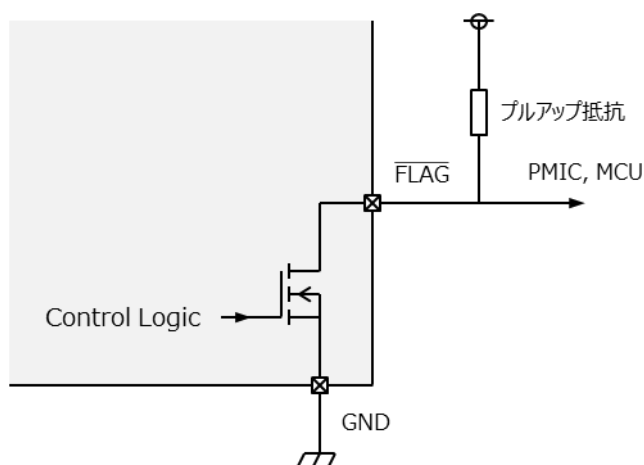


図 6.17 $\overline{\text{FLAG}}$ 端子等価回路

表 6.7 FLAG 出力の対象機能と動作タイミング

FLAG 出力の対象機能	FLAG出力の動作タイミング	備考
過電圧保護機能 (OVP)	$V_{IN} \geq V_{OVLO}$ 時	図 6.4 参照
過熱保護機能 (TSD)	$T_{SD} \geq 134^{\circ}\text{C}$ (Typ.) 時	T_{SD} : 過熱保護しきい値温度 (図 6.5、図 6.6 参照)
過電流保護機能 (OCP)	① 出力電流 $\geq I_{OUT_CL}$ が $t_{FALblank}$ (=5.5ms)以上継続後	I_{OUT_CL} : 出力制限電流 (図 6.7 参照)
	② パルス状 (<5ms) の過電流が t_{OCP_COUNT} 間に 5 回発生後	t_{OCP_COUNT} : 過電流フラグ消去時間 (図 6.8 参照)
	③ 過熱保護機能動作後	(図 6.13 参照)

6.10. EN 端子

TCKE712BNL は EN 端子を備えており、本端子を使って TCKE712BNL 全体の動作を制御することができ、かつ、外付け抵抗により低電圧誤動作防止回路 (UVLO) の動作電圧を最適な値に設定することができます。

また、TCKE712BL の EN 端子には図 6.18 のようにウインドウコンパレータが接続されています。ウインドウコンパレータは、 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、メカニカルスイッチなどで発生するチャタリングやリングングが重畳した不安定な制御信号が入力されても図 6.19(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 6.19(a) のように出力が誤動作したりする可能性があります。

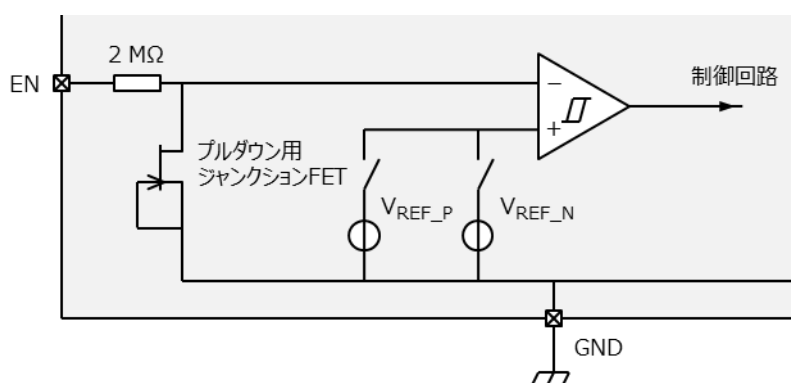


図 6.18 EN 端子等価回路

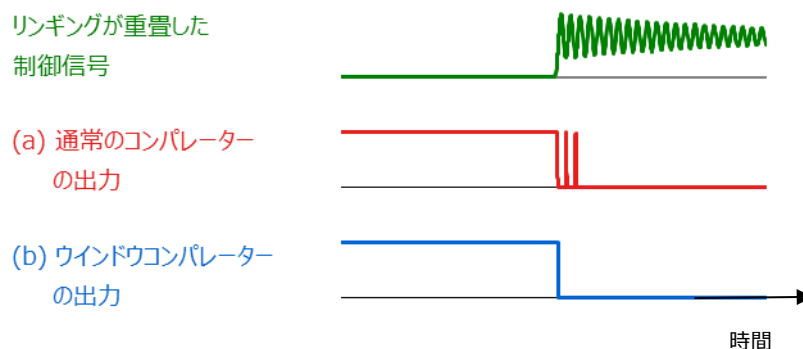


図 6.19 通常のコンパレータとウインドウコンパレータの動作

なお、TCK712BNL では、EN 端子がオープンとなっても内部回路が不定状態とならないように、EN 端子と GND 端子との間に $R_{EN} = 20\text{ M}\Omega$ (標準) に相当するプルダウン用のジャンクション FET が接続されています。

表 6.8 データシート記載の EN 端子プルダウン抵抗規格

$V_{IN} = 12\text{V}$, $R_{LIM} = 3.6\text{k}\Omega$

項目	記号	測定条件	$T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_a = -40\text{ to }85\text{ }^{\circ}\text{C}$		単位
			最小	標準	最大	最小	最大	
EN プルダウン抵抗	R_{EN}	$V_{EN} = 1.1\text{ V}$	—	20	—	10	55	$\text{M}\Omega$

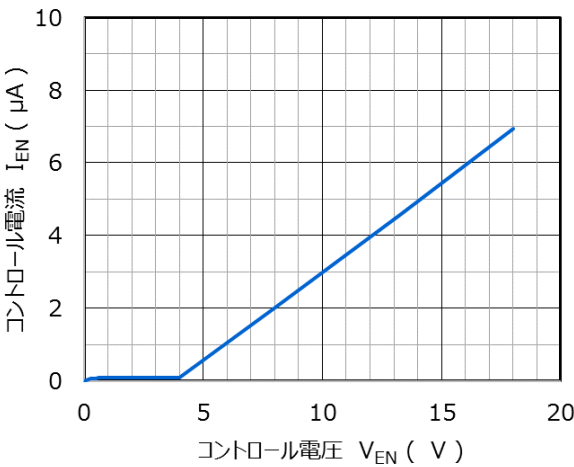


図 6.20 $I_{EN} - V_{EN}$ 特性 (参考値)

7. EN 端子信号による制御方法例

以下に、EN 端子信号による制御方法例を示します。

- (1) 低電圧誤動作防止回路の動作電圧を変更せず、動作制御も行わない場合

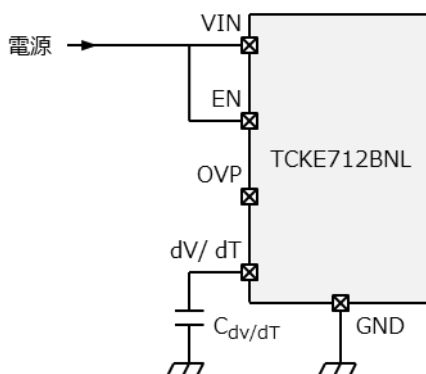


図 7.1 EN 端子の接続例 (VIN 直結)

EN 端子は VIN 端子に直結してください (図 7.1)。この場合、TCKE712BNL ではプルアップ抵抗は不要です。EN 端子は耐圧 18 V に設計されており、VIN 端子と EN 端子は直結可能です。部品点数の削減に貢献します。

- (2) 低電圧誤動作防止回路の動作電圧を変更せず、外部から動作制御を行う場合

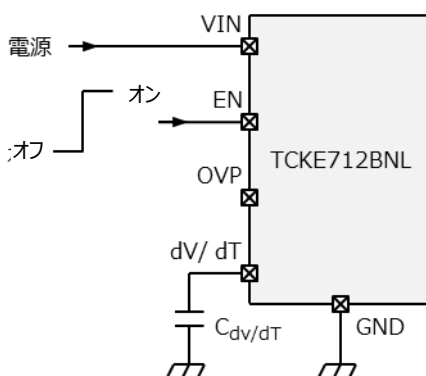


図 7.2 EN 端子の接続例 (外部制御)

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 7.2)。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 "H" レベルは 1.1 V (標準) 以上、"L" レベルは 0.95 V (標準) 以下となるように設定してください。

(3) 低電圧誤動作防止回路の動作電圧を変更せず、VIN 端子との短絡スイッチで動作制御を行う場合

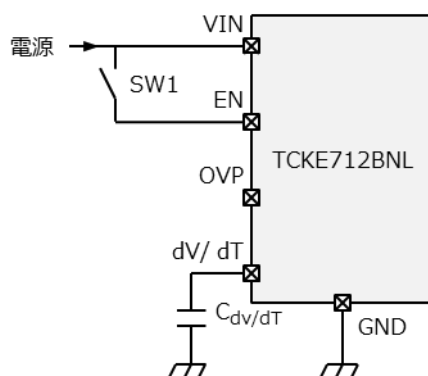


図 7.3 EN 端子の接続例 (VIN とスイッチで接続)

VIN との直結部にスイッチを設けて動作制御ができるようにしたものです。

(4) 低電圧誤動作防止回路の動作電圧を変更する場合

EN 端子に外付け抵抗を追加することで低電圧誤動作防止回路の動作電圧を最適な値に変更することが可能です。回路例を図 7.4 に示します。

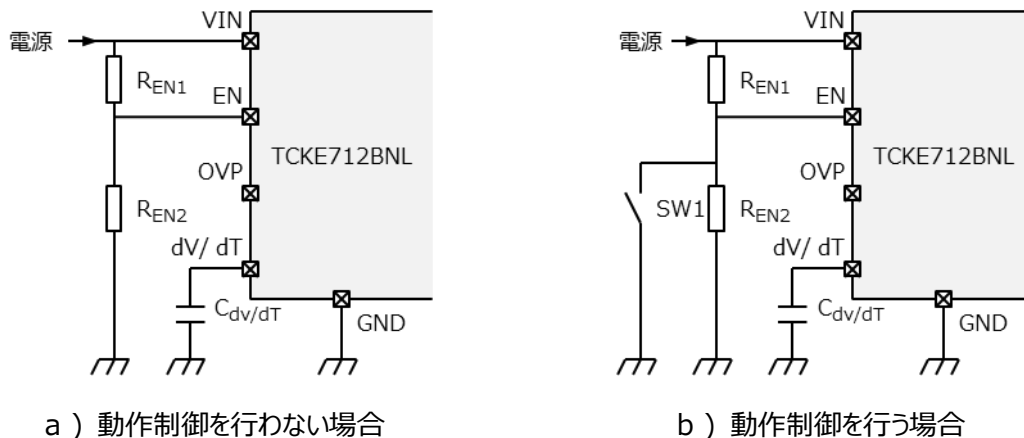


図 7.4 EN 端子の接続例 (VIN 抵抗分割)

a) は EN 端子による動作制御を行わない場合、b) は動作制御を行う場合の回路例です。図に示すように、外付け抵抗で入力電圧 V_{IN} の分圧した電圧を EN 端子に入力することで動作制御を行うことにより、 V_{IN} の低下時に動作を停止させることができます。外付け抵抗を適切に選定することで、低電圧誤動作防止回路の動作電圧を最適な値に設定できます。ただし、動作電圧は 4.15 V 以下の電圧に設定することはできません。EN 端子の外付け抵抗 R_{EN1} 、 R_{EN2} による低電圧誤動作防止設定値 $V_{IN_UVLO(fall)}$ の計算式は (7-1) 式で求められます。なお、(7-1) 式では、EN 端子 - GND 端子間内部に接続されているプルダウン抵抗値が 22 M Ω と大きいために、オープンと見なしています。

$$V_{IN_UVLO(fall)} = V_{ENF} \times \left(1 + \frac{R_{EN1}}{R_{EN2}} \right) \quad (7-1)$$

$V_{IN_UVLO(fall)}$: 入力電圧下降時の誤動作防止回路動作電圧 (V)

V_{ENF} : EN しきい値電圧 上昇時 0.95 V (標準) (V)

先述のとおり、EN 端子のコントロール電圧はヒステリシスを持っており、 V_{IN} の立ち上がり時に起動する電圧は変わります。立ち上がり時の起動電圧 $V_{IN_UVLO(rise)}$ は (7-2) 式で求められます。

$$V_{IN_UVLO(rise)} = V_{ENR} \times \left(1 + \frac{R_{EN1}}{R_{EN2}} \right) \quad (7-2)$$

$V_{IN_UVLO(rise)}$: 入力電圧上昇時の誤動作防止回路解除電圧 (V)

V_{ENR} : EN しきい値電圧 下降時 1.1 V (標準) (V)

図 7.4 の b) のように、 R_{EN2} と並列にスイッチを接続して動作制御を行うこともできます。この場合、(3) の例とは逆に SW1 が導通時に TCKE712BNL が動作を停止します。このとき R_{EN1} が電流制限抵抗となりますので抵抗値選定には注意してください。

8. TCKE712BNL の応用例

以下に TCKE712BNL の応用例を紹介します。

- ノートブック PC/ モバイル機器

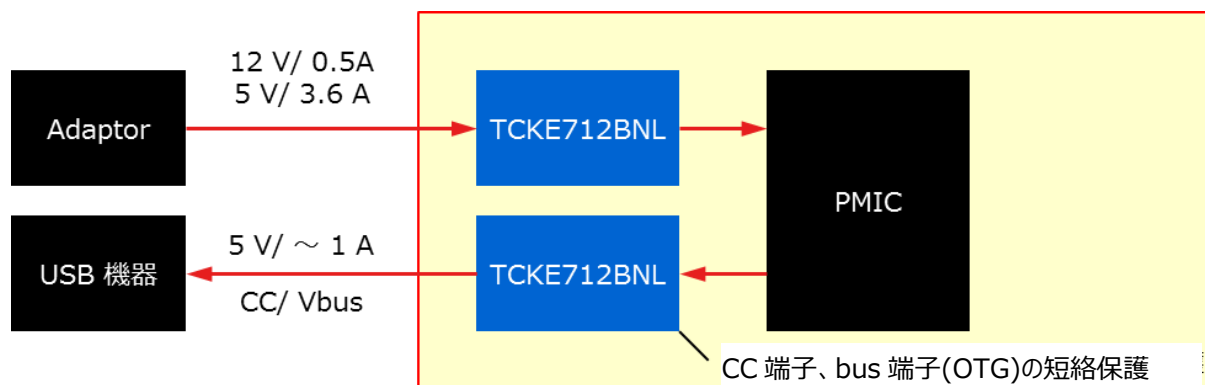


図 8.1 ノートブック PC/ モバイル機器への応用

- SSD/ ハードディスク

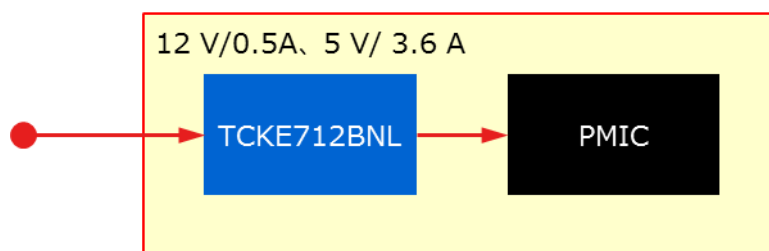


図 8.2 SSD/ ハードディスクへの応用

- サーバー

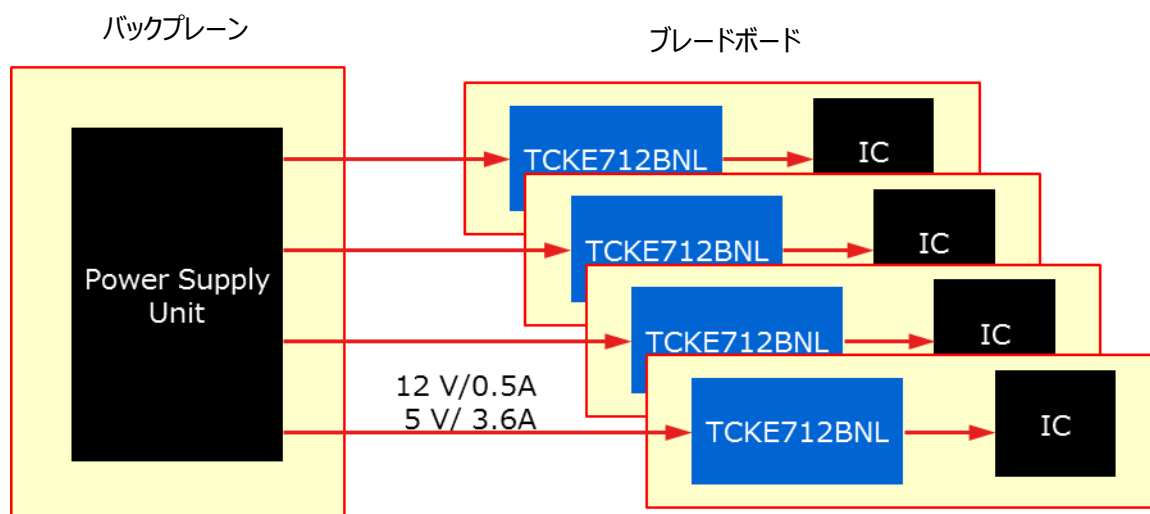


図 8.3 サーバーへの応用

- ウェアラブル/ IoT 機器

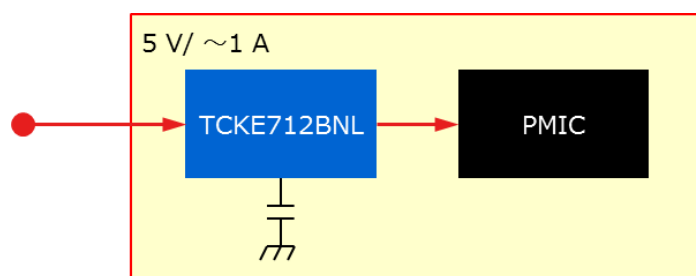


図 8.4 ウェアラブル/ IoT 機器への応用

- USB 機器 (パワーマルチプレクサー用途例)

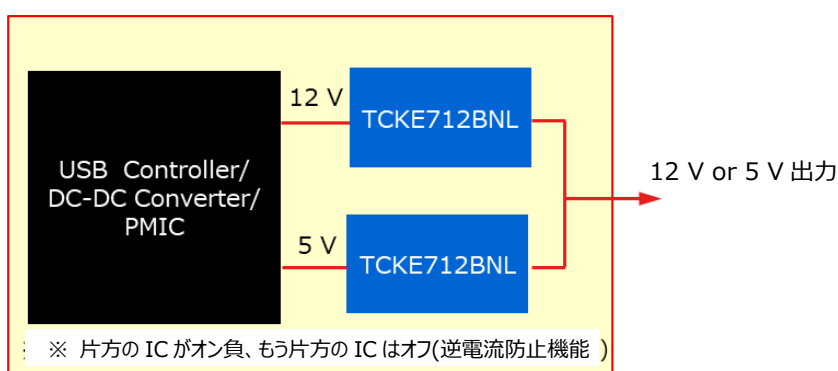


図 8.5 USB 機器におけるパワーマルチプレクサーへの応用

9. まとめ

ここまで TCKE712BNL の使用方法や豊富な保護機能についての説明を記載しました。TCKE712BNL は単に大電流を遮断するだけでなく、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揃えています。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。また、ディスクリート部品や他の受動部品を使って、TCKE712BNL と同等の機能を実現することをお考えいただければ、機器の小型化や設計・製造コストの削減にも大きな効果が得られることがご理解いただけるかと思います。本資料を参考に TCKE712BNL 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。今後も、ご使用になる機器の仕様に合わせた選択の幅を広げるべく、ラインアップを拡充させていく予定ですので、当社 eFuse IC のご愛顧のほど、お願い申し上げます。

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](#)

* 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、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にご使用ください。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。