

保護機能付きフォトリレー TLP241BP

アプリケーションノート

概要

本資料では、保護機能付きフォトリレー TLP241BP の機能概要について説明します。

これは参考資料です。本資料での最終機器設計はしないでください。

目次

概要	1
目次	2
1. フォトリレーとは	4
1.1. フォトリレーの構造	4
1.2. フォトリレーの動作原理	5
1.3. フォトリレーの破壊要因と保護機能の必要性	6
2. 保護機能付きフォトリレーTLP241BP	7
2.1. TLP241BP の特長と主な仕様	7
2.2. TLP241BP 内部回路構成	8
2.3. TLP241BP タイミングチャート	9
3. 過熱保護について	10
3.1. 過熱保護とは	10
3.2. 過熱保護の動作原理	10
3.3. 過熱保護状態からの復帰について	11
3.4. 過熱保護の動作例	12
3.5. 過熱保護温度 T_{SD} の I_F 依存性について	15
4. 過電圧保護について	16
4.1. 過電圧保護とは	16
4.2. 過電圧保護の動作原理	16
4.3. 過電圧保護の動作例	17
5. 使用上の注意	19
6. 終わりに	19
製品取り扱い上のお願い	20

図目次

図 1.1.1 フォトリレーの構造図	4
図 1.2.1 フォトリレーの動作原理	5
図 2.2.1 内部回路構成	8
図 2.3.1 タイミングチャート	9
図 3.2.1 過熱保護の動作原理	10
図 3.3.1 過熱保護の方式、動作について	11
図 3.4.1 TLP241BP の測定回路と波形 (通常動作時)	12
図 3.4.2 周囲温度変化による過熱保護動作例	12
図 3.4.3 過電流による過熱保護動作例	13
図 3.4.4 過熱保護による出力側ラッチ	13
図 3.4.5 I_F リセットによるラッチ状態の解除	14
図 3.5.1 $T_{SD} - I_F$	15
図 4.2.1 過電圧保護作動時の電圧クランプ動作	16
図 4.3.1 通常動作の V_{OFF} 印加動作例	17
図 4.3.2 過電圧保護動作例	18

表目次

表 1.3.1 フォトリレーの破壊要因と対応する保護機能	6
表 2.1.1 TLP241BP の仕様	7

1. フォトリレーとは

1.1. フォトリレーの構造

フォトリレーは、入力側に赤外 LED を搭載し、出力側に Photo Diode Array (以下 PDA) と MOSFET を搭載した半導体リレーです。入力側と出力側は樹脂で電氣的に絶縁されています。

図 1.1.1 はフォトリレーの内部構造例です。入力側である LED と出力側である PDA チップを向かい合わせることで光結合をさせて、シリコン樹脂で絶縁させる構造となっています。

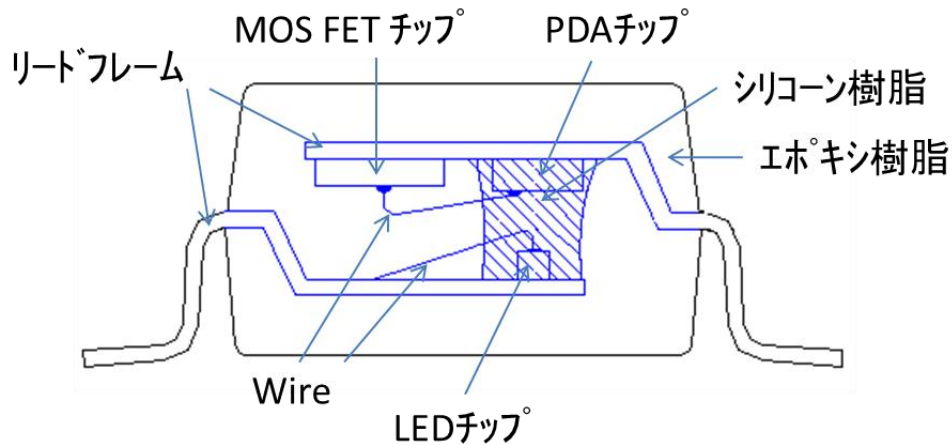


図 1.1.1 フォトリレーの構造図

1.2. フォトリレーの動作原理

フォトリレー（ノーマリーオープン型）の場合、その動作させるとき、まず入力側のLEDに電流を流し発光させます。発光した赤外光は出力側PDAで受光し、起電力を発生させます。この起電力により出力側MOSFETのゲートを駆動し、出力側をオンさせます。

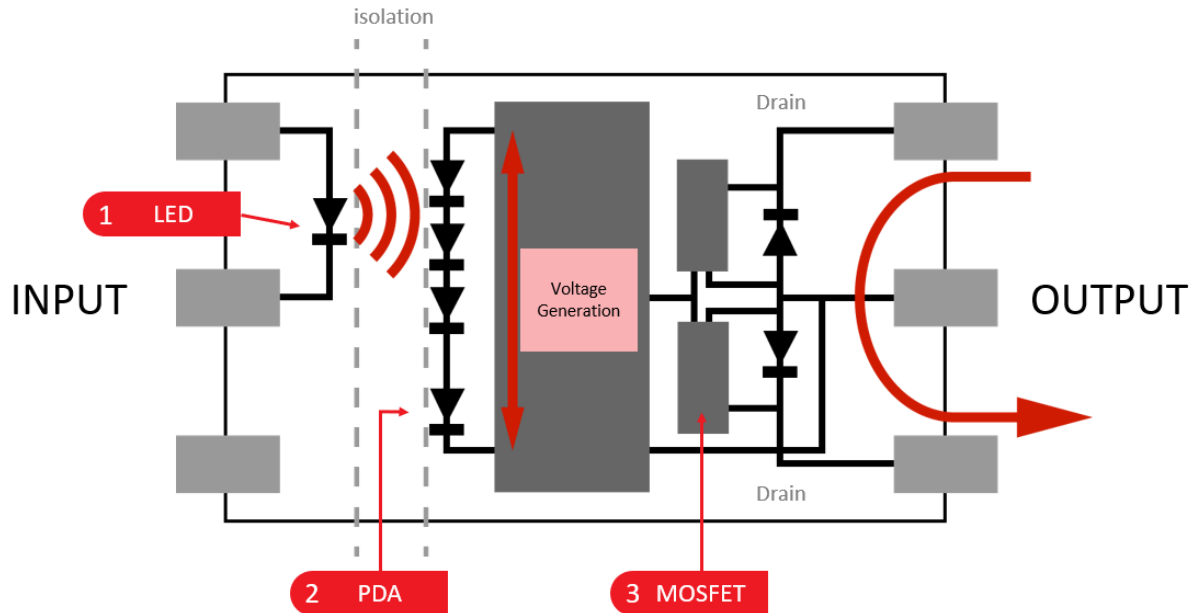


図 1.2.1 フォトリレーの動作原理

1.3. フォトリレーの破壊要因と保護機能の必要性

フォトリレーは信頼性の高いスイッチですが、それでも幾つかの破壊要因があります。出力側に定格を超える電流を長時間流し続けると MOSFET が過熱されその熱によって破壊される可能性がありますし、外来のインダクタンス成分による逆起電力が発生した場合、MOSFET にかかる一時的な過電圧で破壊される可能性もあります。そこで当社はフォトリレーの信頼性をさらに高めるため、保護機能を持つフォトリレー TLP241BP を開発しました。表 1.3.1 のように熱対策には過熱保護機能を、逆起電力対策には過電圧保護機能を搭載することにより、フォトリレーが故障する要因をあらかじめ防ぎ、機器全体の信頼性を高めることができます。

表 1.3.1 フォトリレーの破壊要因と対応する保護機能

破壊要因	原因（例）	関連する項目	保護機能	TLP241BP に搭載の保護機能
過熱	過電流による自己発熱 周囲温度	T_{opr} T_a	過熱保護	○
過電圧	逆起電力	V_{OFF}	過電圧保護	○
過電流	回路ショート	I_{ON}	過電流保護	×(注)

(注)過熱保護を通じて間接的に過電流を検知することは可能

2. 保護機能付きフォトリレー-TLP241BP

2.1. TLP241BP の特長と主な仕様

保護機能付きフォトリレー-TLP241BP を紹介します。主な仕様を表 2.1.1 に示します。

記号 V_{OVC} 、 T_{SD} はそれぞれクランプ電圧 (Voltage Over Clamp)、過熱保護温度 (Thermal Shut Down) を意味します。これらはそれぞれ過電圧保護と過熱保護に関連する項目で、定義については後の章で解説します。



表 2.1.1 TLP241BP の仕様

項目	仕様
出力タイプ	1-form-A
パッケージ	DIP4
過電圧クランプ V_{OVC} (最大)	100 V
過電圧クランプ V_{OVC} (最小)	80 V
過熱保護温度 T_{SD} (標準)	145°C
絶縁耐圧 BV_S (最小)	5,000 V_{rms}
阻止電圧 V_{OFF} (最小)	80 V
オフ電流 I_{OFF} (最大) ($V_{OFF}=40$ V)	1 μ A
オフ電流 I_{OFF} (最大) ($V_{OFF}=60$ V)	10 μ A
オン電流 I_{ON} (最大)	1.4 A
トリガー電流 I_{FT} (最大)	3 mA
オン抵抗 R_{ON} (最大)	0.28 Ω
ターンオン時間 t_{ON} (最大) ($I_F=10$ mA)	1.4 ms
ターンオフ時間 t_{OFF} (最大) ($I_F=10$ mA)	0.5 ms
動作温度 T_{opr}	-40 ~ 110°C

2.2. TLP241BP 内部回路構成

TLP241BP は通常のフォトリレーの機能に加え、1 章で述べたように過熱保護 (OTP: Over Temperature Protection)と過電圧保護機能 (OVP: Over Voltage Protection)を搭載しています。図 2.2.1 に本製品の内部回路構成を示します。

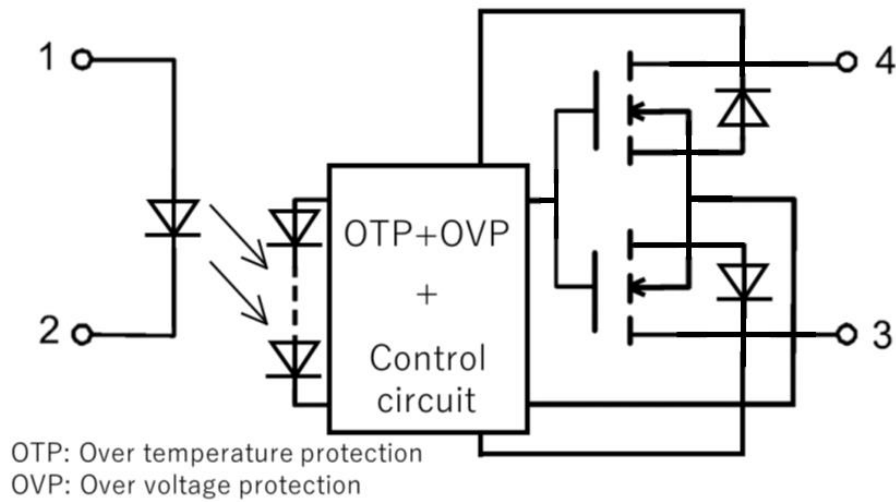


図 2.2.1 内部回路構成

2.3. TLP241BP タイミングチャート

図 2.3.1 に本製品のタイミングチャートを示します。入力側の LED 順電流を I_F 、出力側の電流を I_{ON} とします。

この製品は a 接点(ノーマリーオープン型)ですので「通常動作」では通常のフォトリレーと同様、 I_F を入力したときに出力側がオンとなり、電流が流れます。「OTP」では定格 I_{ON} 以上の大きな電流が流れることにより TLP241BP が過熱状態となり、過熱保護が動作します。これにより出力側がシャットダウンし、 I_F をリセットするまでオフし続けます。「OVP」では出力側オフかつ過電圧が印加された際、過電圧保護により出力側がクランプされ I_{ON} が一時的に流れます。

過熱保護、過電圧保護の動作については以降のページで解説します。

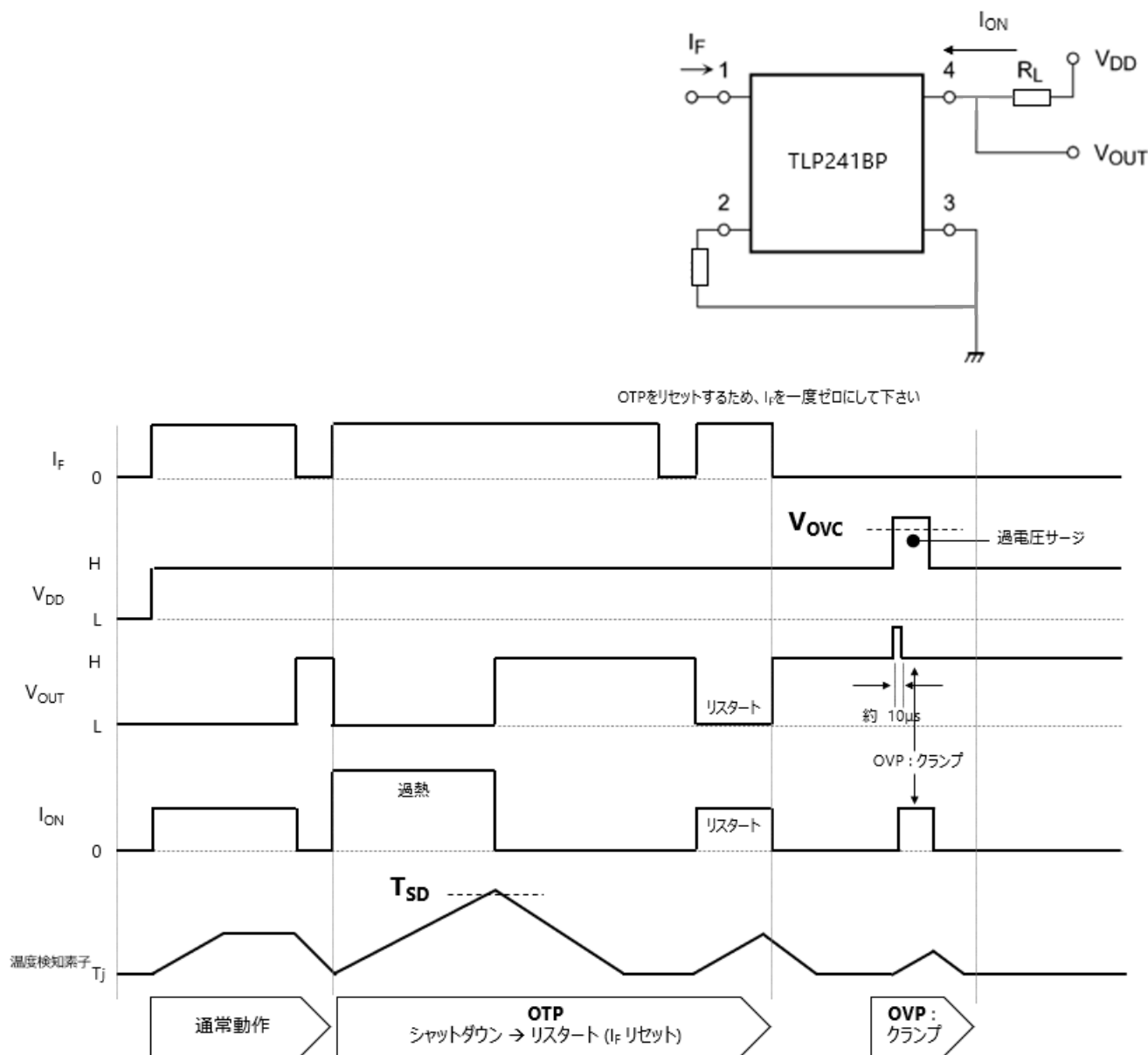


図 2.3.1 タイミングチャート

3. 過熱保護について

3.1. 過熱保護とは

過熱保護とは、フォトリレーの温度が高温となり故障の危険がある際、フォトリレーの動作を停止させる機能です。フォトリレーの温度 T_j は制御回路内の温度検知素子によって電圧として検出します。この過熱保護により、フォトリレーを熱による破壊から防ぎ、セット全体の故障リスク回避に寄与します。

3.2. 過熱保護の動作原理

図 3.2.1 は制御回路内の温度検知素子を含む過熱保護回路と MOSFET ゲートしきい値電圧の関係を示しています。MOSFET のゲートと過熱保護回路は並列に接続されています。検知温度 T_j が低いときは温度検知素子の電圧は MOSFET のゲートしきい値電圧より高く、必要なゲートが電圧印加されるため MOSFET がオンします。一方、 T_j が高くなり温度検知素子の電圧がゲートしきい値電圧を下回ると、電圧の低い過熱保護回路側に電流が流れ、ゲートをオンさせるのに十分な電圧がかからなくなり MOSFET はオフします。

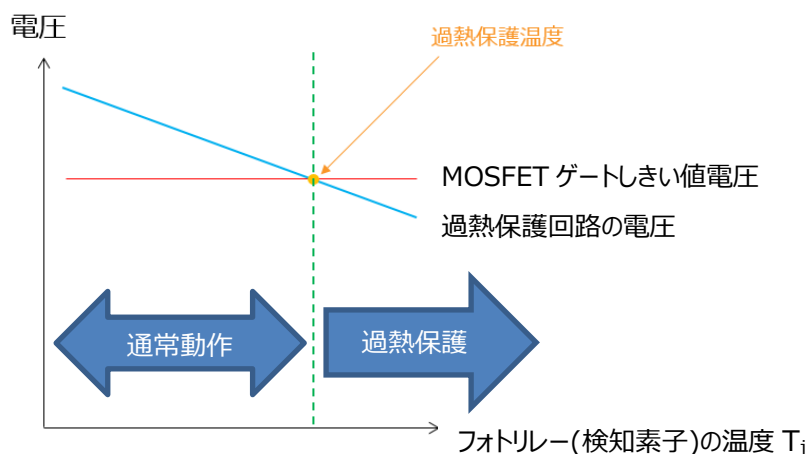


図 3.2.1 過熱保護の動作原理

3.3. 過熱保護状態からの復帰について

保護機能動作からの復帰の方式には I_F リセットなどの操作を必要とするシャットダウン方式、時間経過で自動的に復帰する自動復帰方式がありますが、TLP241BP ではシャットダウン方式を採用しています。TLP241BP では過熱保護が働いた後、復帰のために一度 I_F を 0 mA にするとフォトリレーの動作状態がリセットされ、次回 I_F 印加時に出力がオンし、電流が流れるようになります。保護機能動作時からそのまま I_F 印加を継続させた場合、フォトリレーの温度が T_{SD} を下回っていたとしてもシャットダウン状態（出力オフ）を継続します。この点ご注意ください。

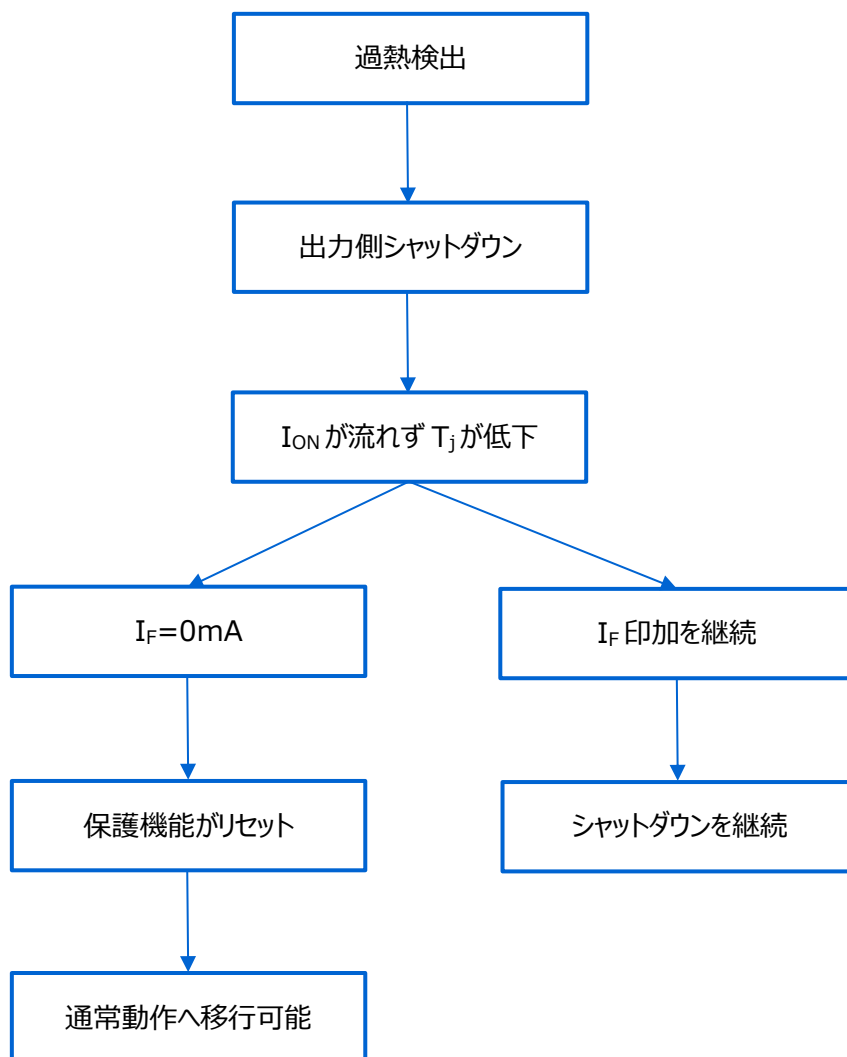


図 3.3.1 過熱保護の方式、動作について

3.4. 過熱保護の動作例

ここで、実際に TLP241BP の過熱保護動作を見てみます。図 3.4.1 左の回路で 25°C の通常動作時、入力側の LED 電流 I_F を印加すると出力側がオンし、図 3.4.1 右のような波形となります。これは一般的な a 接点 (ノーマリーオープン型) フォトリレーの動作と同じです。

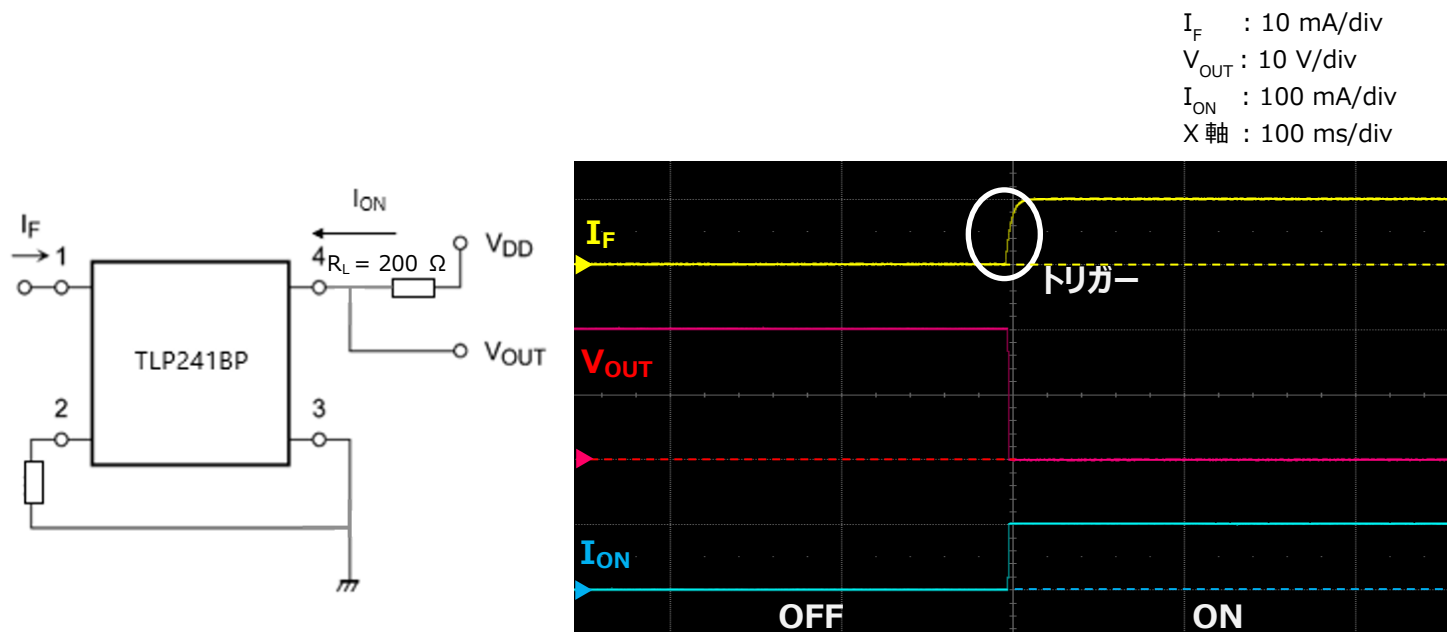


図 3.4.1 TLP241BP の測定回路と波形 (通常動作時)

次に、図 3.4.1 と同じ回路で周囲温度 T_a を 160°C まで上昇させます。

温度を変化させている間に図のように、TLP241BP の I_{ON} が図 3.4.2 のようにオフ、つまり過熱によりシャットダウンすることが確認できます。

これは温度を変化させている間に、TLP241BP の温度 (T_j) が過熱保護温度 T_{SD} を超えたためです。

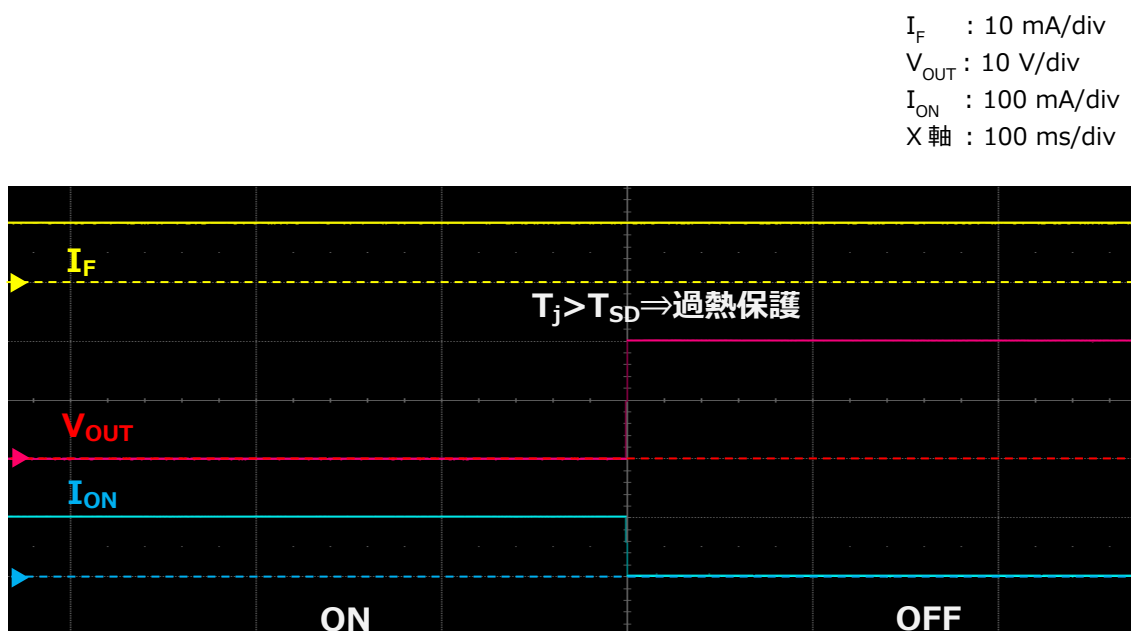


図 3.4.2 周囲温度変化による過熱保護動作例

周囲温度を常温に戻した後、今度は出力側に電流を流し、電力により TLP241BP を発熱させます。定格電流は 1.4 A ですが、保護機能を動作させるためにここでは 3 A を流します。

図 3.4.3 右が測定波形となりますが、 I_F は 10 mA と十分流れていますが出力側の電流が流れなくなりました。これは大きな電流を通電させたことより製品温度が上昇した結果、過熱保護が作動し出力側がオフしたためです。

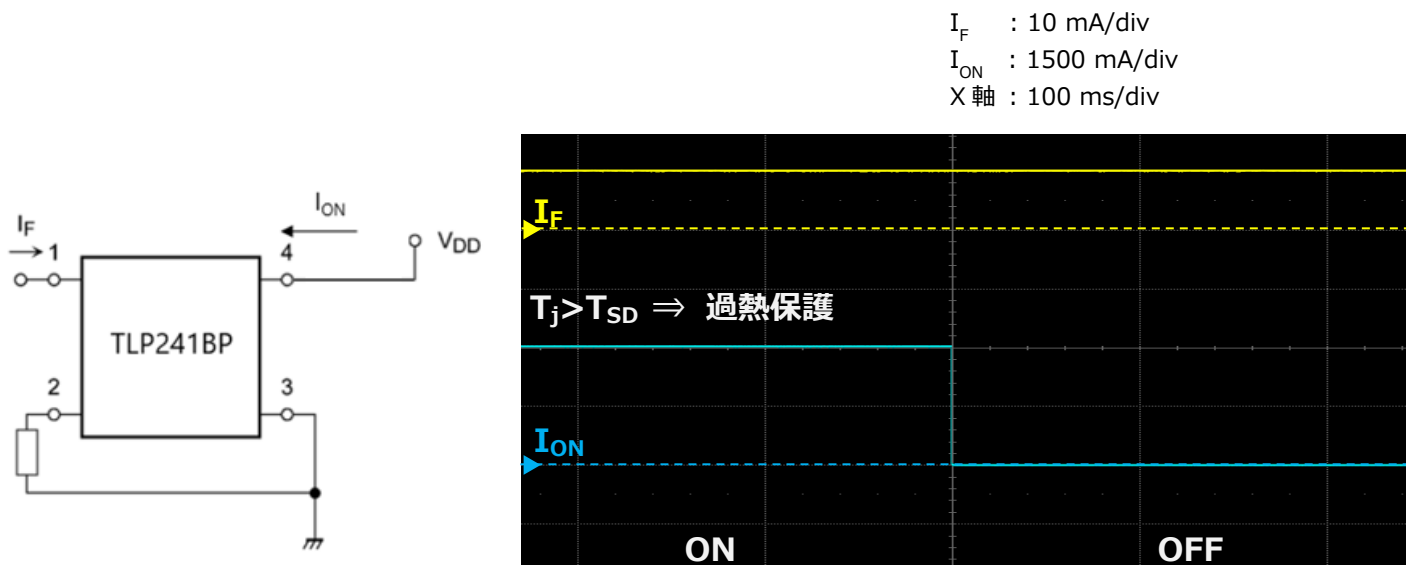


図 3.4.3 過電流による過熱保護動作例

I_F を入力したままいったん出力側の通電を止め ($I_{ON} = 0$ A)、フォトリレーの温度を下げます。時間が経過し TLP241BP の温度が下がり $T_j < T_{SD}$ となっても TLP241BP は保護状態 (シャットダウン) を継続するため、図 3.4.3 のように V_{DD} を印加しても出力側の電流は流れません。

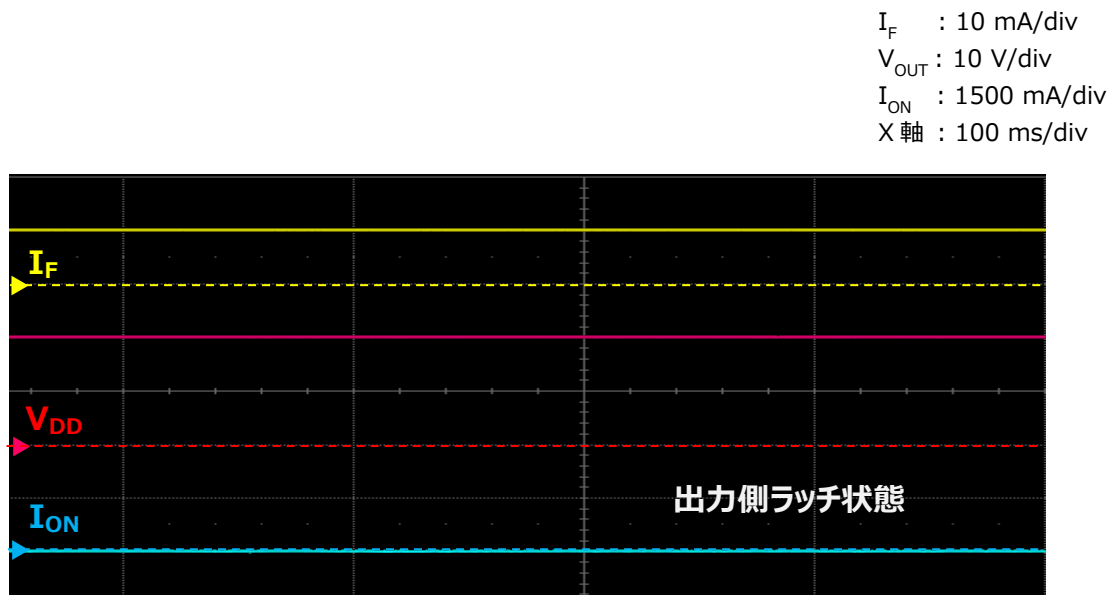


図 3.4.4 過熱保護による出力側ラッチ

I_F を一度リセットすると過熱保護がリセット（ラッチオフが解除）され、出力側に再び電流が流れます。
(図 3.4.5)

I_F : 10 mA/div
 I_{ON} : 1000 mA/div
X軸 : 100 ms/div

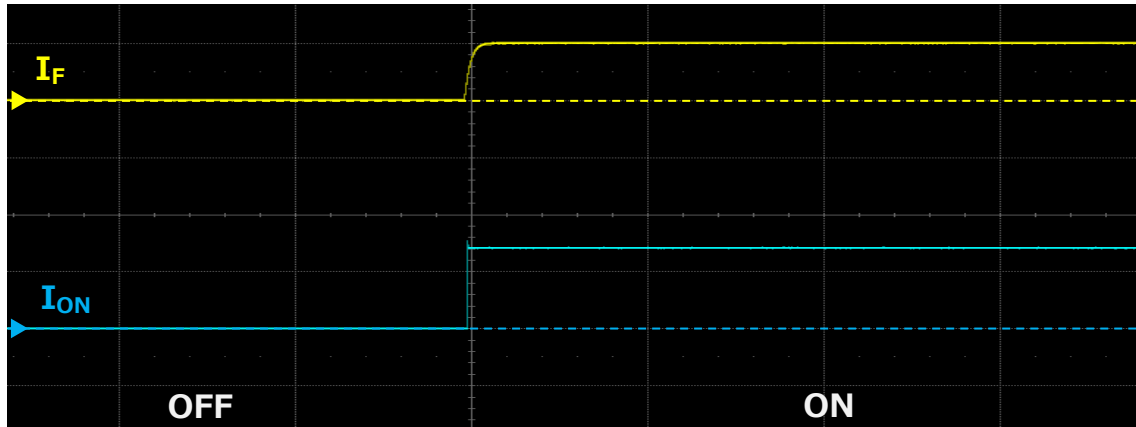


図 3.4.5 I_F リセットによるラッチ状態の解除

3.5. 過熱保護温度 T_{SD} の I_F 依存性について

過熱保護温度 (T_{SD})は入力 LED 電流 I_F により変化します。代表特性を図 3.5.1 に示します。データシートでは $I_F = 7 \sim 14 \text{ mA}$ を推奨動作条件として記載しています。推奨動作条件は、期待される性能を得るための設計指標です。推奨動作条件の下限を下回る I_F 印加の場合、過熱保護機能が働かなくなる可能性があります。一方、推奨動作条件の上限を上回る I_F 印加の場合は T_{SD} が下がる傾向にありますので、実機で十分確認をお願いします。

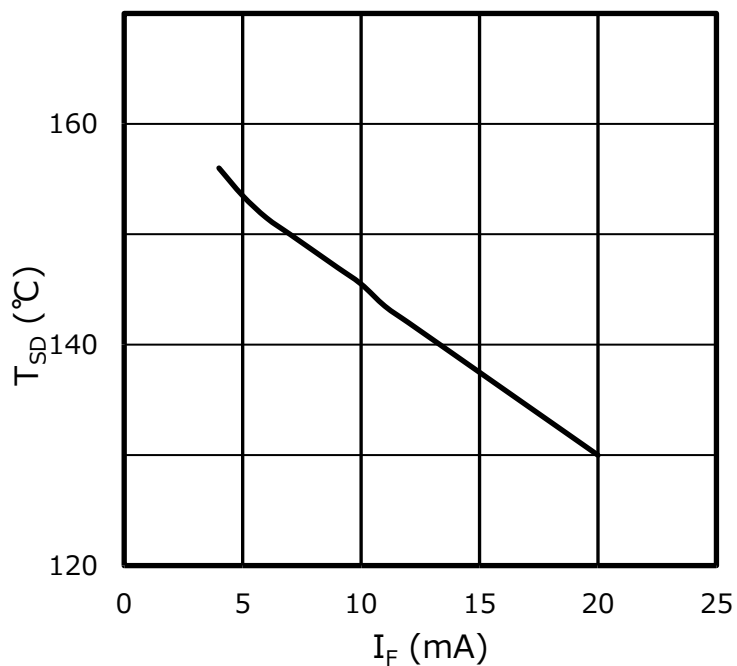


図 3.5.1 T_{SD} — I_F

4. 過電圧保護について

4.1. 過電圧保護とは

過電圧保護とは、フォトリレーの出力側がオフかつサージなどにより阻止電圧 V_{OFF} 以上の電圧が印加された際、クランプしてエネルギーを逃がす機能です。この時、クランプする最低の電圧をクランプ電圧 V_{OVC} と定義しています。この機能により TLP241BP の破壊を防ぎ、機器の安全性を高めます。ただし、誘導負荷によるサージなど瞬間的な電圧に対して保護することを目的とした機能であるため、長時間高電圧を印加すると TLP241BP が故障に至る恐れがあります。

4.2. 過電圧保護の動作原理

V_{OFF} 以内での使用時、出力 MOSFET のオフ電流 I_{OFF} (漏れ電流) は小さな値です。しかしサージなどにより V_{OFF} を超えた過電圧が印加された際は、MOSFET のブレークダウンにより大きな電流が流れます。このとき MOSFET がオフのまままだ高い電圧のまま大きな電流が流れることになるので、MOSFET の破壊につながります。

過電圧保護は過電圧が印加されたとき、アクティブクランプダイオードがオンして MOSFET ゲートへのパスを作り、MOSFET を能動的にオンさせます。この仕組みによりエネルギーを逃がし、フォトリレーを破壊するような過電圧から保護しています。

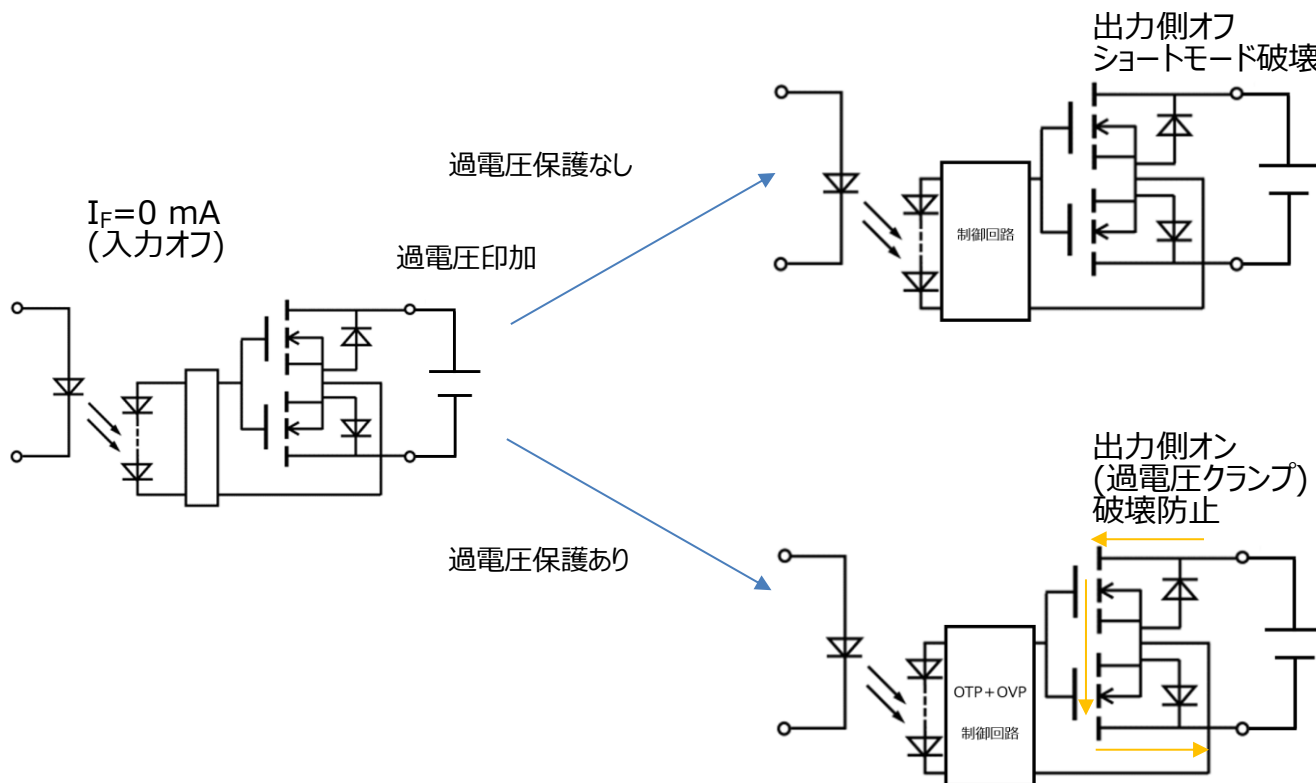
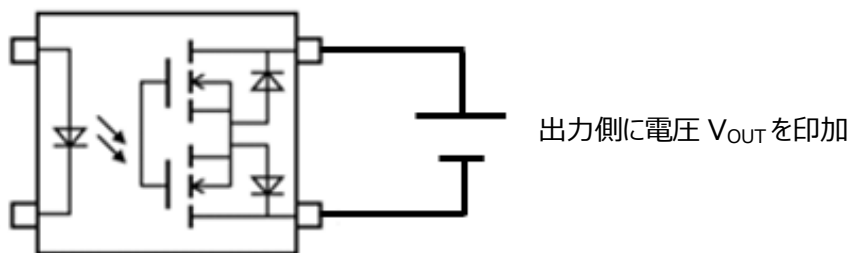


図 4.2.1 過電圧保護作動時の電圧クランプ動作

4.3. 過電圧保護の動作例

実際に OVP が動作するところを、オシロスコープを使って見ていきます。図 4.3.1 に示すように、入力 LED 電流 I_F は印加せず、出力側に電圧 V_{OUT} を印加します。赤い波形は出力側電圧、黄色の波形は出力側電流です。まず $V_{OUT} = 79\text{ V}$ を印加します。TLP241BP のクランプ電圧は $80 < V_{OVC} < 100\text{ V}$ なので、この電圧ではクランプしません。これは通常のフォトリレーに V_{OFF} を印加したときと同様の動作です。



V_{OUT} : 40 V/div
 I_{OFF} : 4 mA/div
 X 軸 : 5 μ s/div

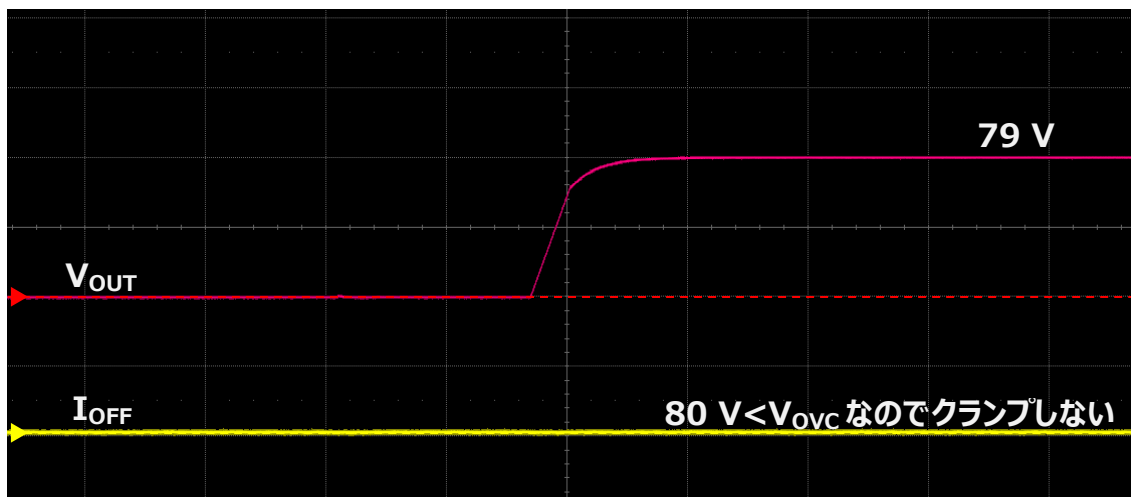


図 4.3.1 通常動作の V_{OFF} 印加動作例

次に、 $V_{OUT} = 100\text{ V}$ を印加します。図 4.3.2 がその結果ですが、フォトリレー出力端子間の電圧が 100 V に到達する前にクランプして 87 V ($=V_{OVC}$) に電圧が抑えられている様子が分かります。過電圧保護機能がない場合、 V_{OUT} に 100 V 印加されると過電圧により故障する恐れがありますが、TLP241BP はこのようにして内部を保護しています。例えば $100\text{ }\mu\text{s}$ 程度の誘導性サージ電圧が印加されたとき、印加されて約 $10\text{ }\mu\text{s}$ 後に過電圧保護が動作、クランプして電流経路を作ることにより MOSFET を過電圧から保護します。

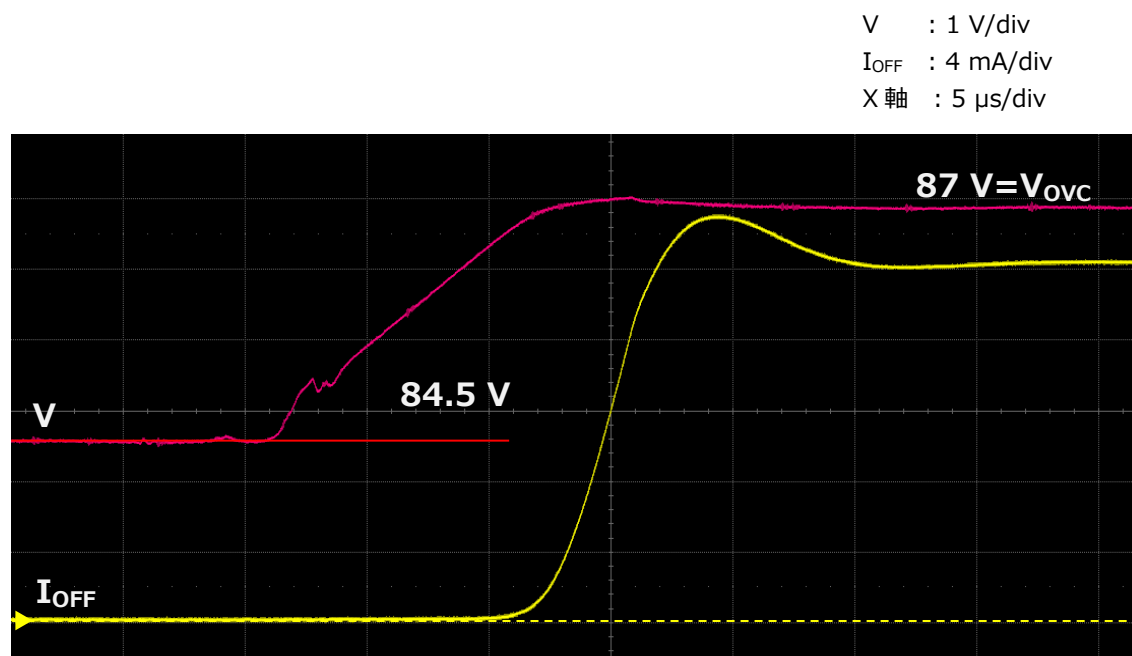


図 4.3.2 過電圧保護動作例

5. 使用上の注意

本製品の過熱保護は高温時に出力側電流を止める機能であり、製品の熱破壊そのものを防ぐ機能ではありません。よって外部からの加熱など、電流以外の定格外への加熱に対して保護するものではありません。また短絡した際の急峻な加熱に対しては、過熱保護が間に合わず製品が破壊されてしまう恐れがあります。

本製品の過電圧保護は短い時間の過電圧に対して保護する機能であり、長時間の印加に耐性があるものではありません。長時間過電圧を印加した場合はその電圧と電流により製品が破壊される恐れがあるため、絶対にしないでください。

6. 終わりに

本資料では、フォトリレーに搭載されている保護機能について解説しました。当社では、今後保護機能を持つ製品を拡充していきます。新製品などにつきましては、弊社ホームページで製品情報をご確認ください。

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。
- 本製品には GaAs(ガリウムヒ素)が使われています。その粉末や蒸気等は人体に対し有害ですので、破壊、切断、粉砕や化学的な分解はしないでください。
- 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。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

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