

トライアックカプラーの基本特性と応用設計

概要

トライアックカプラーは、フォトカプラーの中でトライアックを出力素子に持つタイプで、AC 電源で駆動される負荷のスイッチとして使用されます。AC 電源に接続して使用されるため、トランジスターカプラーや IC カプラーとは異なる特性が多く、回路設計にも注意点が多いため、本文にて解説します。

目次

1. トライアックカプラーの用途	3
2. トライアックカプラーの動作原理	3
3. トライアックカプラーの構造	3
4. トライアックカプラーの特徴	4
5. トライアックカプラーとメカリレーの比較	4
6. トライアックカプラー基本応用回路	5
7. トライアックカプラー基本動作	6
7. 1 トライアックカプラー基本動作（通常制御、抵抗負荷）	6
7. 2 トライアックカプラー基本動作（通常制御、誘導性負荷）	6
8. トライアックカプラー データシートの読み方（主要項目）	7
9. トライアックカプラーの回路設計法	8
9. 1 入力側 LED 電流 I_F の設計方法	9
9. 2 入力側抵抗 R_{in} の設計方法	10
9. 3 メイントライアックの選択	10
9. 4 ゲート抵抗 R_{GK} の設計方法	10
9. 5 制限抵抗 R_T の設計方法	10
9. 6 スナバー回路(C_S 、 R_S)の設計方法	11
9. 7 サージ吸収素子バリスターの選択	11
10. トライアックカプラー使用上の注意点	12
10. 1 ゼロクロス／非ゼロクロスタイプの選択	12
10. 2 位相制御によるトライアックカプラー基本動作	13
10. 3 ゼロクロス電圧（インヒビット電圧）(V_{IH})	14
10. 4 インヒビット電流 (I_{IH})	15
10. 5 I_{DRM} 特性	15
10. 6 トライアックカプラーのスイッチング時間 (t_{ON})	16
10. 7 dV/dt 特性	16
10. 8 転流 dV/dt 特性	17
10. 9 転流 dV/dt によるトライアックカプラーの誤動作（誘導性負荷）	18
10. 10 インパルスノイズ (V_N)耐量特性	19
10. 11 保持電流 (I_H)	19
10. 12 実効オン電流 (I_T)	20
10. 13 オン電流(パルス) (I_{ONP})	20
10. 14 せん頭1サイクルサージ電流 (I_{TSM})	20
11. トライアックカプラーの応用回路例	21
12. (参考)サイリスターカプラーの応用	22
12. 1 サイリスターカプラーの用途	22
12. 2 サイリスターカプラーの動作原理	22
12. 3 (参考)サイリスターカプラーの基本応用回路	22
13. FAQ (よくあるお問い合わせ)	23
製品取り扱い上のお願い	27

1. トライアックカプラーの用途

トライアックカプラーは主に AC 電源に接続されたモーター、ランプ、ヒーター、電磁バルブなどの AC 負荷を ON/OFF 制御するために使用されます。小容量の負荷であればトライアックカプラー単独でも制御できますが、通常はメイントライアック素子と組み合わせて使用し、負荷をメイントライアックが直接制御し、トライアックカプラーがそのトリガー素子として用いられます。

AC 負荷制御にはメカニカルリレー(メカリレー)も用いられますが、接点寿命やスイッチングスピード、動作音などで問題がある場合にトライアックカプラーの使用が適しています。また、AC 負荷を位相制御することが可能になります。ただし、トライアックカプラーはメカリレーとは異なる半導体特有の性質を持っていますので、回路設計にはその特性に十分な考慮が必要です。

2. トライアックカプラーの動作原理

トライアックカプラーは入力側の LED 素子と出力側のトライアック素子で構成されています。トライアック素子は PNP 接合のサイリスター素子が逆並列に接続された構造で、それが一つのチップ上に作りこまれたものです。

トライアック素子は通常、ゲート端子に電流が印加されることにより ON 状態となりますが、トライアックカプラーでは LED から照射された光が PN 接合面で光電流となり、それがゲート電流になることによって ON 状態になります。

サイリスター素子は一方方向の電流しか ON/OFF 制御できませんが、サイリスター素子が逆並列に接続されているトライアック素子は AC 電源に代表される両方向の電流を ON/OFF 制御できます。

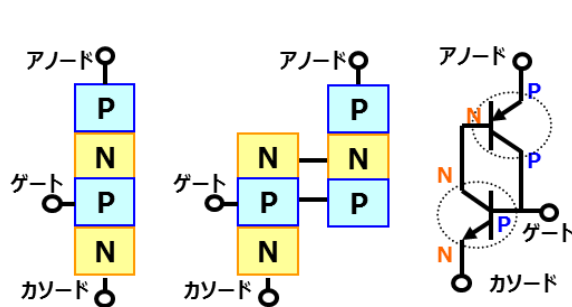


図 2. 1. 1 サイリスター素子の等価回路図

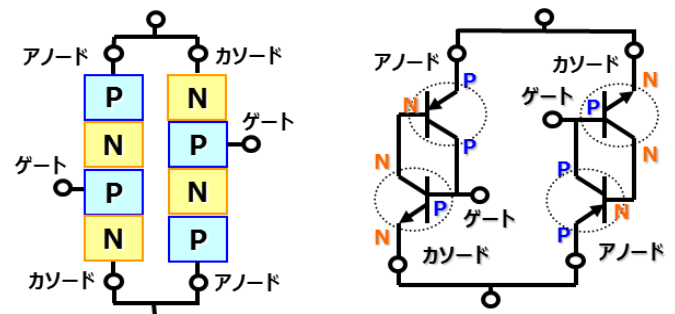


図 2. 1. 2 トライアック素子の等価回路図

3. トライアックカプラーの構造

トライアックカプラーは入力側の LED 素子と出力側のフォトトライアック素子で構成されています。LED 素子とトライアック素子は通常は対向しており、LED から照射される光はトライアックの PN 接合部である受光面に到達できる構造になっています。

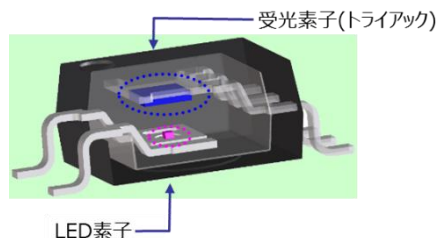


図 3. 1. 1 トライアックカプラーの構造 (透視図)

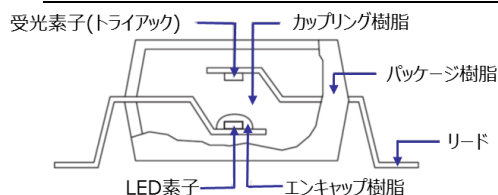


図 3. 1. 2 トライアックカプラーの構造 (断面図)

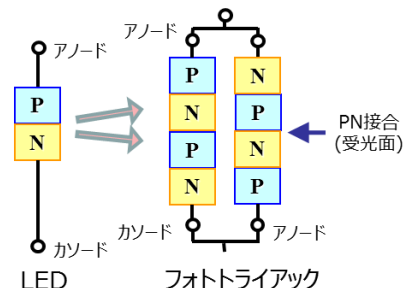


図 3. 1. 3 トライアックカプラーの等価回路図

4. トライアックカプラーの特徴

トライアックカプラーを、別の半導体リレーであるフォトリレー (MOSFET 出力) や有接点リレーであるメカリレーと比較すると、下表のような特徴が挙げられます。

表 4. 1. 1 トライアックカプラー比較表

大分類	小分類	特徴
半導体リレー (無接点リレー)	トライアックカプラー (サイリスターカプラー)	・半導体素子(トライアック)を用いたリレー ・AC 負荷に限定される ・メイントライアックと組み合わせ、大電流の制御も可能
	フォトリレー (MOSFET 出力)	・出力側の素子として MOSFET を用いたリレー ・主にシグナルリレーの代替として用いられる ・AC/DC どちらの負荷にも対応可能
メカリレー (有接点リレー)	シグナルリレー	・接点开閉電流が 2A 以下で、信号、回線、高周波などの制御を目的としたメカリレー ・高周波リレー含む
	パワーリレー	・接点开閉電流が 2A を超えるメカリレー ・制御盤向けの汎用リレー(一般リレー)、DC 大電流を制御するパワーリレーなどを含む

5. トライアックカプラーとメカリレーの比較

半導体リレーのトライアックカプラーと有接点のメカリレーを比較すると、トライアックカプラーでは次のような特長が挙げられます。

1. トライアックカプラーは最小パッケージ品では $3.7 \times 7.0 \times 2.1\text{mm}$ 程度の大きさで実現できており、実装面積の小型化が実現可能です。
2. 機械的接点が無いので長寿命が期待でき、高信頼性が実現可能です。
3. 入力側 LED に 5~15mA 程度の低電流を流すだけでスイッチ可能のため、回路の低消費電力化に貢献できます。
4. スイッチング特性は、メカリレーに比較して高速、低ノイズ、静音など優れた点を有しています。
5. 半導体スイッチのため、Hot switch に対応可能です。
6. メカリレーで問題とされるチャタリングの発生がありません。
7. 位相制御が可能であるため、AC 負荷に対する電力量のコントロールが容易に実現できます。

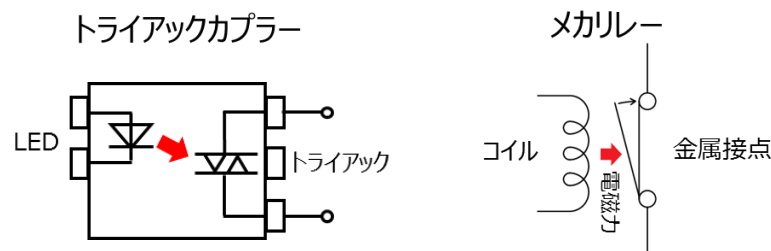


図 5. 1. 1 トライアックカプラーとメカリレーの比較

6. トライアックカプラー基本応用回路

トライアックカプラーは単独でも AC 負荷を制御することができますが、数十 mA 程度の小さい負荷に限られます。数百 mA～数 A 以上の大電流を制御する場合は、メイントライアックと組み合わせて使用します。

下図に基本的な回路構成を示します。 R_S と C_S はノイズによるトライアックの誤動作を防止するための素子で、スナバー回路と呼ばれます。また、バリスターは電源ラインから入る可能性のあるサージ電圧を吸収するために回路に組み入れられます。

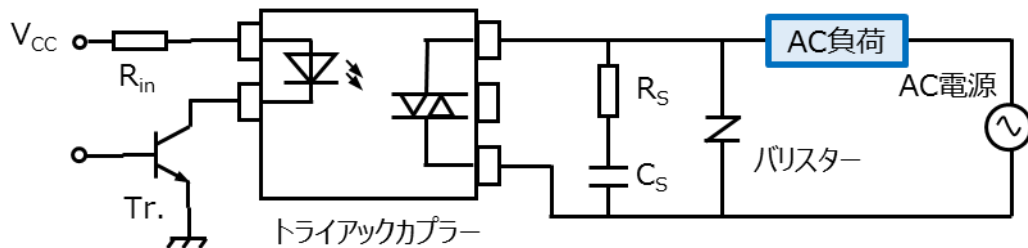


図 6. 1. 1 トライアックカプラー単体による AC 負荷制御

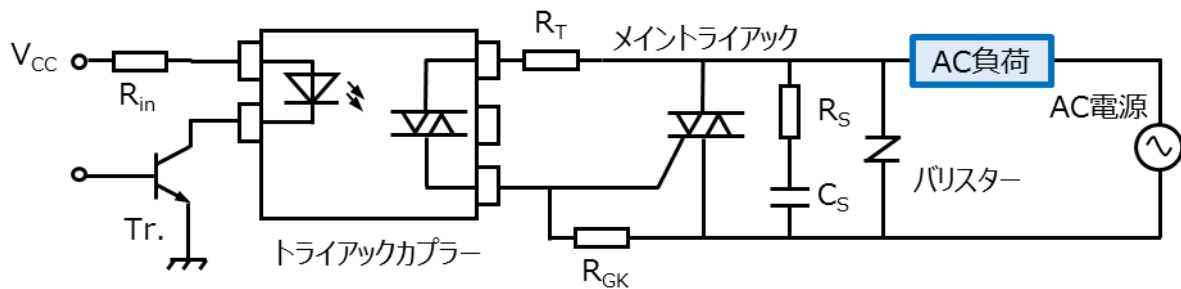


図 6. 1. 2 トライアックカプラーとメイントライアックによる AC 負荷制御

7. トライアックカプラー基本動作

トライアックの基本動作は AC 負荷の種類によって異なります。ここでは抵抗負荷と誘導性負荷に分けて動作電圧、動作電流を説明します。ここでは非ゼロクロスタイプの動作波形を解説し、ゼロクロスタイプのトライアックカプラーは動作が異なるため、10.1項で説明します。

7.1 トライアックカプラー基本動作（通常制御、抵抗負荷）

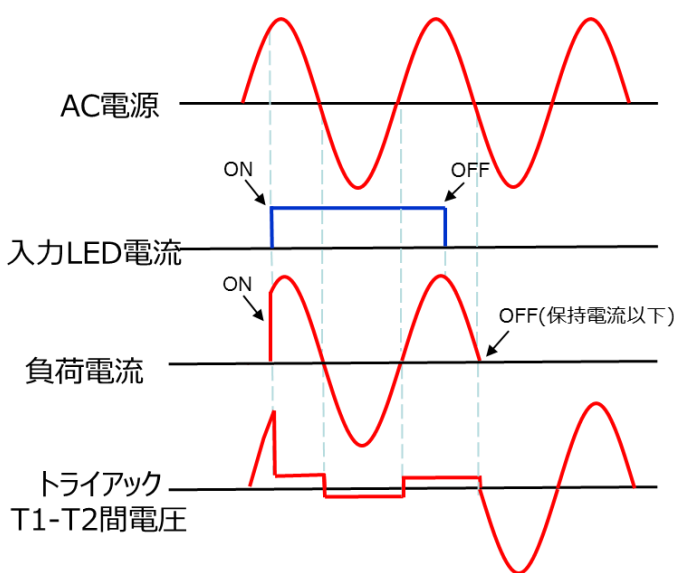
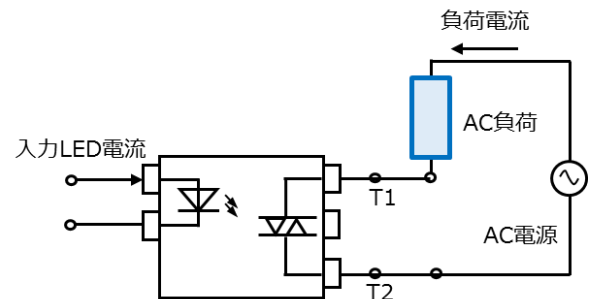


図 7.1.1 トライアックカプラー動作波形
(非ゼロクロスタイプ)



トライアックカプラーで直接 AC 負荷を制御する回路と動作波形を示します。

1. ON 動作

入力 LED 電流が流れると出力側のトライアックが ON 動作し、負荷が動作して負荷電流が流れます。ON している間はトライアックの T1-T2 間の電圧は 1~2V 程度の ON 電圧が発生します。

2. OFF 動作

LED が OFF するタイミングと同時にトライアックは OFF しません。AC 電源がゼロ電圧付近まで下がり、保持電流 (10.11 項参照) 以下になるタイミングでトライアックは OFF となります。この時点で AC 負荷も OFF 動作になります。

7.2 トライアックカプラー基本動作（通常制御、誘導性負荷）

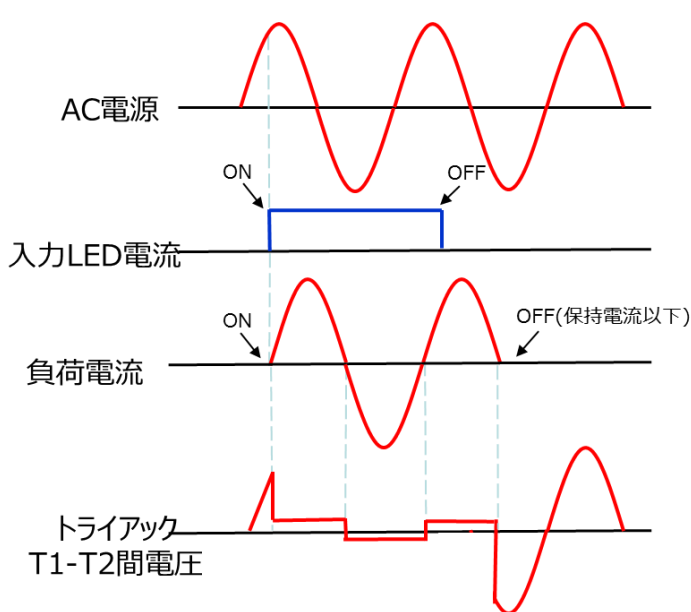
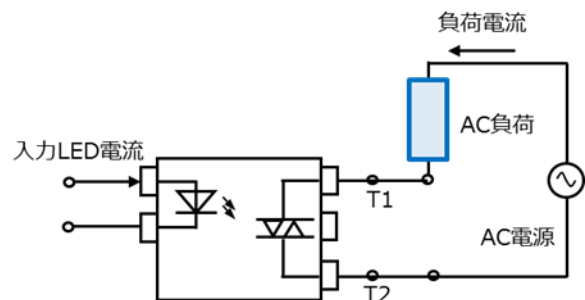


図 7.2.1 トライアックカプラー動作波形
(非ゼロクロスタイプ)



トライアックカプラーで直接 AC 負荷を制御する回路と動作波形を示します。誘導性負荷の場合は電流が電圧に対して最大で 90°位相が遅れることになります。

1. ON 動作

入力 LED 電流が流れると出力側のトライアックが ON 動作し、負荷が動作して負荷電流が流れます。ON している間はトライアックの T1-T2 間の電圧は 1~2V 程度の ON 電圧が発生します。

2. OFF 動作

LED が OFF するタイミングと同時にトライアックは OFF しません。AC 電源がゼロ電圧付近まで下がり、保持電流 (10.11 項参照) 以下になるタイミングでトライアックは OFF となります。この時点で AC 負荷も OFF 動作になります。

8. トライアックカプラー データシートの読み方（主要項目）

トライアックカプラーのデータシートに記載されている項目の中で、主要項目のみ解説します。回路設計に関する特性については、10 項でも解説を加えています。

表 8. 1. 1 データシート例（1）

入力側順電流

周囲温度 25℃における入力側の LED が「破壊しない」最大電流値です。最大値がこの範囲内で収まるように設計が必要です。

ピーク阻止電圧

トライアック出力端子間に印加できる電圧範囲の最大値です。使用電源の目安となります。

絶対最大定格 (注) (特に指定のない限り, $T_a = 25^\circ\text{C}$)

	項目	記号	注記	定格	単位
発光側	入力順電流	I_F		50	mA
	入力順電流低減率 ($T_a \geq 53^\circ\text{C}$)	$\Delta I_F / \Delta T_a$		-0.7	mA/°C
	入力順電流 (パルス)	I_{FP}	(注1)	1	A
	入力逆電圧	V_R		5	V
	入力許容損失	P_D		100	mW
	入力許容損失低減率 ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta P_D / \Delta T_a$		-1.0	mW/°C
	接合温度	T_j		125	°C
受光側	ピーク阻止電圧	V_{DRM}		800	V
	実効オン電流 ($T_a = 25^\circ\text{C}$)	$I_{T(RMS)}$		100	mA
				50	mA
	実効オン電流低減率 ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta I_{T(RMS)} / \Delta T_a$		-1.1	mA/°C
	オン電流 (パルス)	I_{ONP}	(注2)	2	A
	ピーク1サイクルサージ電流	I_{TSM}	(注3)	1.2	A
	出力許容損失	P_O		300	mW
	出力許容損失低減率 ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta P_O / \Delta T_a$		-4.0	mW/°C
	接合温度	T_j		125	°C
共通	全許容損失	P_T		400	mW
	全許容損失低減率 ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta P_T / \Delta T_a$		-4.4	mW/°C
	動作温度	T_{opr}		-40 ~ 100	°C
	保存温度	T_{stg}		-55 ~ 125	°C
	はんだ付け温度 (10 s)	T_{sol}		260	
	絶縁耐圧 AC, 60 s, R.H. $\leq 60\%$	BV_S	(注4)	5000	Vrms

絶縁耐圧

入出力間に高電圧を 1 分間印加したとき、絶縁破壊が起こらない限界値を示します。

実効オン電流

導通しているときに出力側のトライアックに流すことが可能な負荷電流の最大値です。最大値がこの値以下なるよう設計が必要です。なお使用周囲温度により変化します。

表 8. 1. 2 データシート例 (2)

ピークオフ電流

出力側のトライアックが OFF 状態のときに流れるリーク電流です。このリーク電流によって、負荷に影響を与えないように設計する必要があります。

ピークオン電圧

出力側のトライアックが ON 状態のときにトライアックの両端に発生する電圧です。

電气的特性 (特に指定のない限り, $T_a = 25^\circ\text{C}$)

	項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
発光側	入力順電圧	V_F		$I_F = 10\text{ mA}$	1.0	1.15	1.3	V
	入力逆電流	I_R		$V_R = 5\text{ V}$	—	—	10	μA
	端子間容量 (入力側)	C_t		$V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$	—	30	—	pF
受光側	ピークオフ電流	I_{DRM}		$V_{\text{DRM}} = 800\text{ V}$	—	10	1000	nA
	ピークオン電圧	V_{TM}		$I_{\text{TM}} = 100\text{ mA}$	—	1.7	3.0	V
	保持電流	I_H		—	—	1.0	—	mA
	オフ電圧上昇率	dv/dt		$V_{\text{in}} = 240\text{ V}, T_a = 25^\circ\text{C}$ 図9.1参照	—	2000	—	V/ μs
	転流 (dv/dt)	$dv/dt(c)$		$V_{\text{in}} = 60\text{ Vrms}, I_T = 15\text{ mA}$ 図9.1参照	—	0.2	—	

結合特性 (特に指定のない限り, $T_a = 25^\circ\text{C}$)

項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
トリガーLED電流	I_{FT}		$V_T = 3\text{ V}$	—	—	5	mA

トリガーLED電流

出力側のトライアックを ON 状態に移行させるに必要な入力電流 I_F の最小値です。回路設計では、LED の経年変化、温度特性、設計マージンを考慮して、最大値 (ここでは 5mA) を超える入力電流が必要です。詳細は 9 - 1 項を参照願います。

9. トライアックカプラーの回路設計法

トライアックカプラーの基本応用回路に関し、周辺回路の定数を設計する手順を解説します。メイントライアックの特性にも関係するため、ここではメイントライアックと組み合わせた回路にて説明します。ここでは非ゼロクロスタイプのトライアックカプラーで説明しますが、ゼロクロスタイプも同様になります。

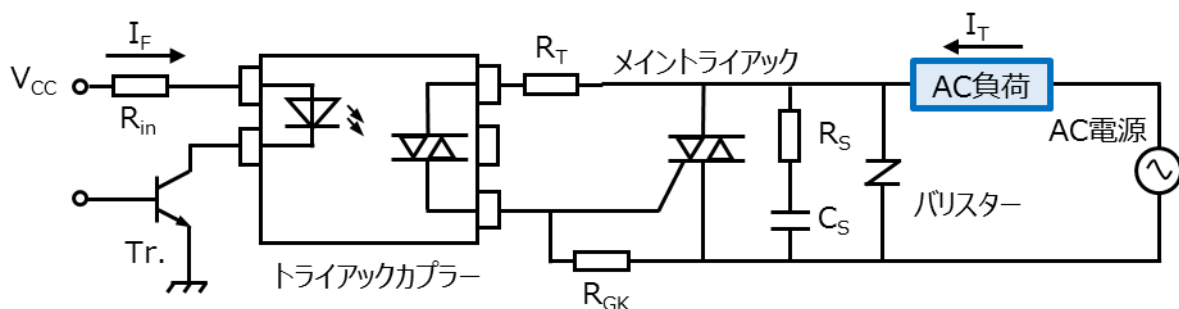


図 9. 1. 1 トライアックカプラー基本応用回路

9. 1 入力側 LED 電流 I_F の設計方法

トライアックカプラーの出力側トライアックを ON させるためには、入力側 LED に電流を流す必要がありますが、データシートに記載されている I_{FT} の最大値(Max)よりも大きい電流値で設計しなければなりません。一般的には下記のように設計します。

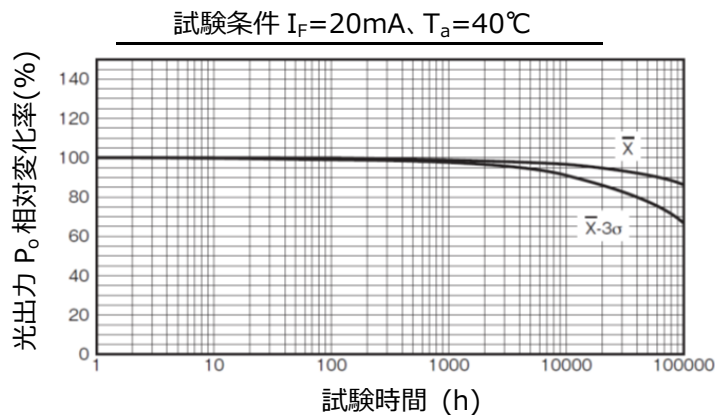
$$I_F \text{ 設計値} = I_{FT}(\text{Max}) \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3$$

α_1 : LED の経年変化率(係数)

平均値(X)−3 σ のカーブで確認します。(例;図9. 1. 2) 周囲温度が高温・および I_F 値が大きいほど変化率は大きくなります。また、LED の種類により変化率は異なりますので、個別にお問合せください。

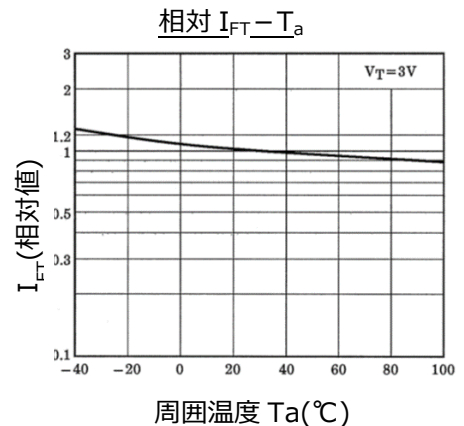
α_2 : I_{FT} の周囲温度変化(係数) 個別技術資料の $I_{FT}-T_a$ から、 α_2 を算出します。(例 ; 図9. 1. 3)

α_3 : ドライブ係数(設計マージン) 電源の変動・設定公差など



光出力 P_o は 100,000h で 70%まで劣化するため、
係数 α_1 は $\alpha_1=1/0.7=1.43$ となります。

図9. 1. 2 GaAs LED 推定経時変化データの例



低温側が -40°C まで下がる可能性がある場合は、
 I_{FT} が 1.3 倍まで大きくなりますので、係数 α_2 は
 $\alpha_2=1.3$ となります。

図9. 1. 3 I_{FT} の周囲温度依存性

ここでは一例として TLP265J の回路設計例を挙げます。

トライアックカプラーのトリガーLED 電流 $I_{FT}(\text{Max})$ は製品によってはランクが分けられています。TLP265J では以下の表の通り、ランク無 : 10mA、(IFT7) : 7mA に区分されています。

表9. 1. 1 データシートにおけるトリガーLED 電流(I_{FT})の分類

表 トリガーLED電流ランク (注) (特に指定のない限り, $T_a = 25^\circ\text{C}$)

ランク	I_{FT} ランク記号	測定条件	トリガーLED電流 I_{FT} (最小)	トリガーLED電流 I_{FT} (最大)	単位
無	10	$V_T = 6\text{V}$	—	10	mA
(IFT7)	7	$V_T = 6\text{V}$	—	7	

(計算例 1)

ランク無し製品を使用した計算例を示します。

製品の I_{FT} 最大規格が 10mA、 $T_a=40^\circ\text{C}$ 、期待寿命 100,000h、設計マージン $\alpha_3=1.2$ 倍の場合、

I_F 設計値 = $I_{FT}(\text{Max}) \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 = 10\text{mA} \times 1.43 \text{ 倍} \times 1.3 \text{ 倍} \times 1.2 \text{ 倍} = 22.3\text{mA}$ となり、 I_F は、22.3mA 以上流れるように設計します。

(計算例 2)

(IFT7)ランクの製品を使用した場合、 I_{FT} 設計値は下記ようになります。

I_F 設計値 = $I_{FT}(\text{Max}) \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 = 7\text{mA} \times 1.43 \text{ 倍} \times 1.3 \text{ 倍} \times 1.2 \text{ 倍} = 15.6\text{mA}$ となり、 I_F は、15.6mA 以上流れるように設計します。この例のとおり、(IFT)値の低いランク品を使用すると、低い入力電流 I_F で設計可能となります。

9. 2 入力側抵抗 R_{in} の設計方法

前項で求めた LED 電流 I_F を基に、LED に直列に接続する制限抵抗値 R_{in} を求めます。LED による電圧降下 V_F と、使用温度での依存性 (V_F は低温の方が大きくなります)、および信号入力 (駆動) 素子の電圧降下 (ここでは $Tr.$ の $V_{CE(sat)}$) の考慮が必要です。各最大値は、個別技術資料に記載の最大値を考慮してください。このとき、トライアックカプラーの I_F が絶対最大定格値を超えないことも確認願います。また、電源 (V_{CC}) および駆動素子の供給電流が設計 I_F 以上の能力があることを確認願います。

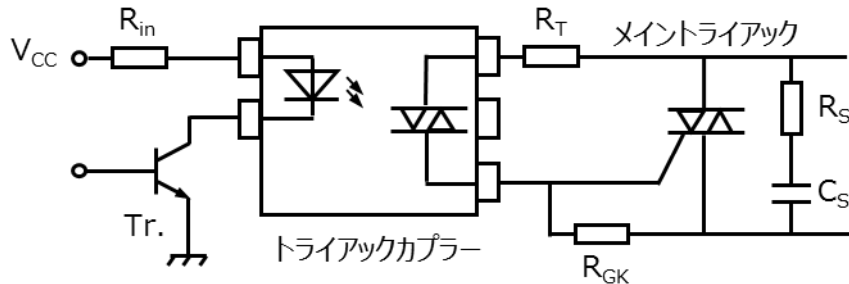


図 9. 2. 1 トライアックカプラー基本応用回路

R_{in} の最大値は I_F の設計値より下記の式で求められます。

$$R_{in} \leq \frac{V_{CC}(Min) - V_F(Max) - V_{CE(sat)}(Max)}{\text{設計} I_F}$$

R_{in} の最小値は I_F の最大定格より下記の式で求められます。

$$R_{in} > \frac{V_{CC}(Max) - V_F(Min) - V_{CE(sat)}(Min)}{I_F(Max)}$$

9. 3 メイントライアックの選択

電源電圧、負荷電流を考慮してメイントライアックを選択します。詳細はメイントライアックのデータシートなどを参考にしてください。

9. 4 ゲート抵抗 R_{GK} の設計方法

ゲート抵抗 R_{GK} はメイントライアックの感度を調整し、電源ノイズ、電源の dV/dt による誤動作を防止します。

また、ゲートから入るノイズをバイパスさせ、誤動作を防止させる役割もあります。通常は数十～100Ω程度の抵抗になりますが、詳細はメイントライアックの特性を考慮して設計願います。また、 R_{GK} と並列にノイズのバイパスとして 0.1～0.01μF 程度のコンデンサーを挿入する場合もあります。

9. 5 制限抵抗 R_T の設計方法

トライアックカプラーはメイントライアックのトリガ素子として働き、メイントライアックが ON するまでの間、ゲート電流を流し、メイントライアックが ON した後は、電流は流れません。メイントライアックが ON するまでの電流は、データシート上では「パルスオン電流」(I_{ONP})として定格が定められており、一般的なトライアックカプラーでは 2 A が定格となっています。非ゼロクロスタイプのトライアックカプラーにおいては、一般的に定格の半分程度の電流に抑えることを推奨していますので、100V 系 AC 電源を使用する際には 100Ωの抵抗を使用し、200V 系 AC 電源を使用する際には 200Ωの抵抗を推奨しています。なお、位相制御する場合に R_T には半サイクルごとに I_T が流れるため、1W クラスの抵抗を推奨しています。一方、ゼロクロスタイプでは ON するときの電圧が低く抑えられますので、制限抵抗は必要ありません。

9. 6 スナバー回路(C_S 、 R_S)の設計方法

dV/dt (10. 7 項)、転流 dV/dt (10. 8 項)、インパルスノイズ (10. 10 項) による誤動作を抑制するために、通常はスナバー回路を挿入します。 dV/dt の抑制に対して有効に働くのはコンデンサー C_S ですが、トライアックが ON した際に C_S からの放電電流で素子が破壊されることを防ぐために、 R_S の挿入が必要です。一般的には、AC100V 系では 47Ω 、AC200V 系では 100Ω 程度が用いられます。弊社ではそれぞれの電源電圧条件に対し以下の定数を推奨しています。

AC100V: $R_S=47\Omega$ 、 $C_S=0.033\mu F$

AC200V: $R_S=100\Omega$ 、 $C_S=0.1\mu F$

なお、位相制御する場合は抵抗 R_S に半サイクル毎にコンデンサー C_S からの放電電流が流れますので、1W クラスの抵抗を推奨しています。

コンデンサー C_S は、AC100V 系では 400V 耐圧、AC200V 系では 600V 耐圧のものを使用します。

また、スナバー回路を接続しますとその回路を通るリーク電流も発生しますので、注意が必要です。一例として、AC200V、 $f=50\text{Hz}$ 、 $R_S=100\Omega$ 、 $C_S=0.1\mu F$ の場合、スナバー回路のインピーダンス Z_{CS} は下記となります。

$$Z_{CS} = \sqrt{R_S^2 + \frac{1}{(2\pi f C_S)^2}}$$

$$= \sqrt{100^2 + \frac{1}{(2 \times 3.14 \times 50 \times 0.1 \times 10^{-6})^2}} \approx 32 \text{ k}\Omega$$

よって、スナバー回路に流れるリーク電流 I_{CS} は下記となります。

$$I_{CS} = \frac{200 \text{ V}}{32 \text{ k}\Omega} \approx 6 \text{ mA}$$

このリーク電流が回路の動作に影響を及ぼさないかどうか、考察が必要になります。

9. 7 サージ吸収素子バリスタの選択

トライアックカプラーおよびメイントライアックに最大定格を超えるような電圧が印加される可能性がある場合、サージ吸収素子を挿入してトライアックの破壊を防止することが必要です。サージに対して速い応答性が必要で、AC100V 系では 200~300V の素子を、AC200V 系では 400~500V の素子を使用します。

10. トライアックカプラー使用上の注意点

AC 負荷を制御する場合、トライアックカプラーは一般的にはメイントライアックと組み合わせて使用します。以下、10.1 項～10.14 項に設計上の注意点を説明しますが、内容を分りやすくする為に、ここではトライアックカプラー単独の回路を用いています。メイントライアックを接続した場合には、10.8 項と10.9 項の転流 dV/dt 特性、および10.11 項の保持電流 I_H の特性は、メイントライアック側に適用することになります。

- 10.1 ゼロクロス／非ゼロクロスタイプの選択
- 10.2 位相制御によるトライアックカプラーの基本動作
- 10.3 インヒビット電圧 (V_{IH})
- 10.4 インヒビット電流 (I_{IH})
- 10.5 トライアックカプラーのスイッチング時間 (t_{ON})
- 10.6 I_{DRM} 特性
- 10.7 dV/dt 特性
- 10.8 転流 dV/dt 特性
- 10.9 転流 dV/dt 特性による誤動作
- 10.10 インパルスノイズ (V_N)耐量特性
- 10.11 保持電流 (I_H)
- 10.12 実効オン電流 (I_T)
- 10.13 パルスオン電流 (I_{ONP})
- 10.14 せん頭1サイクルサージ電流 (I_{TSM})

10.1 ゼロクロス／非ゼロクロスタイプの選択

トライアックカプラーのゼロクロスタイプは、AC 電源の電圧が高い期間では ON しない機能を持ちます。それにより、ON した際の大きな突入電流や EMI の発生を防止することができます。但し、ゼロクロスタイプでは位相制御(10.2 項を参照)ができなくなりますので、用途に応じた選択が必要になります。ゼロクロスタイプの回路動作を以下に説明します。

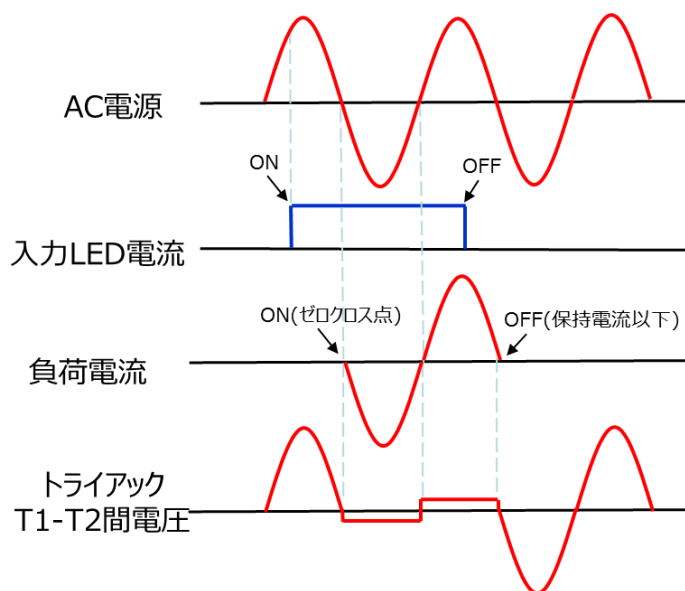
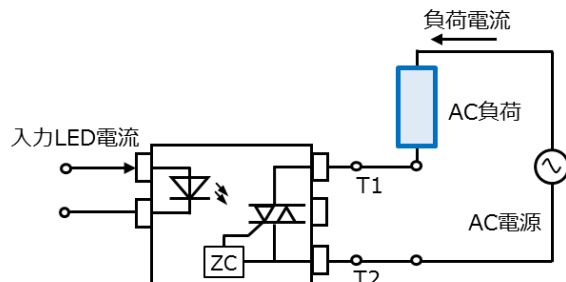


図 10.1.1 トライアックカプラー動作波形(ゼロクロスタイプ)



ゼロクロスタイプのトライアックカプラーで直接 AC 負荷を制御する回路と動作波形を示します。

1. ON 動作

入力 LED 電流が流れたタイミングで AC 電源がゼロクロス電圧を超えた高い電圧の場合は、ゼロクロスの機能が働き、トライアックは ON しません。その後、AC 電源の電圧が下がり、ゼロクロス付近(ゼロ電圧付近)まで下がったタイミングでトライアックは ON します。ON している間はトライアックの T1-T2 間の電圧は 1~2V 程度の ON 電圧が発生します。

2. OFF 動作

LED が OFF するタイミングと同時にトライアックは OFF しません。AC 電源がゼロ電圧付近まで下がり、保持電流(10.11 項参照)以下になるタイミングでトライアックは OFF となります。この時点で AC 負荷も OFF 動作になります。

10.2 位相制御によるトライアックカプラー基本動作

AC 電源の位相に対して、入力 LED 電流の位相をシフトさせることにより、トライアックの ON 時間を制御でき、負荷に流れる電力量を調整することができます。ゼロ電圧付近でのみ ON 動作するゼロクロスタイプは位相制御には使用できません。回路動作を以下に説明します。電力量の多い位相制御を以下の図 10.2.1、電力量の少ない位相制御を次ページの図 10.2.2 に示します。

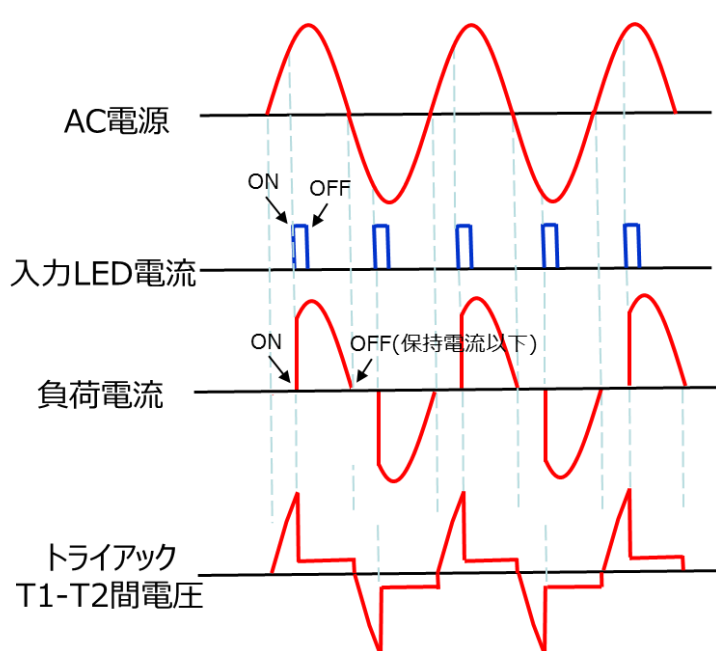


図 10.2.1 位相制御における負荷電流、電圧波形
(電力量の多い位相制御)

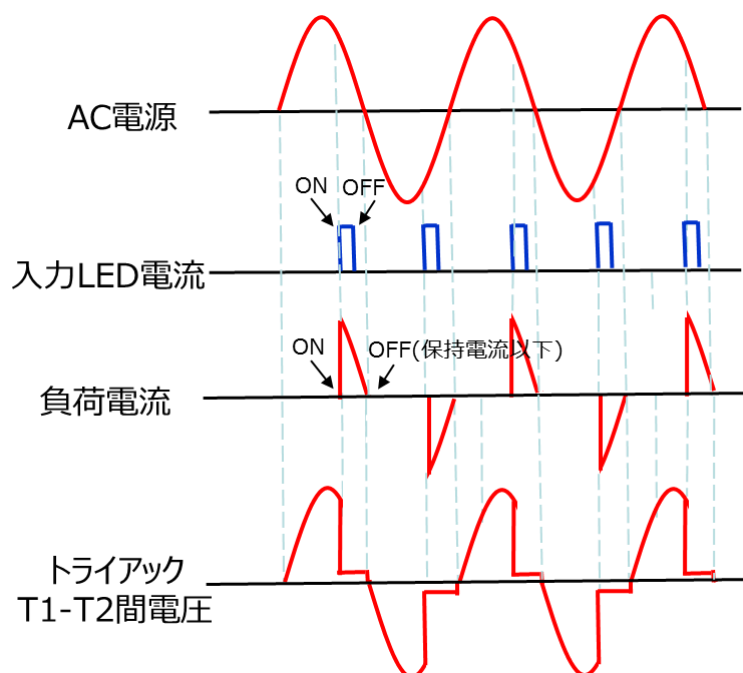
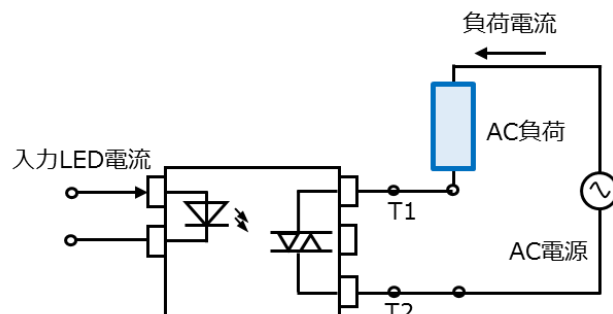


図 10.2.2 位相制御における負荷電流、電圧波形
(電力量の少ない位相制御)



トライアックカプラーで AC 負荷を位相制御する回路と動作波形を示します。ゼロクロスタイプは使用できません。

1. ON 動作

入力 LED 電流が流れると出力側のトライアックが ON 動作し、負荷が動作して負荷電流が流れます。ON している間はトライアックの T1-T2 間の電圧は 1V~2V 程度の ON 電圧が発生します。

2. OFF 動作

LED が OFF するタイミングと同時にトライアックは OFF しません。AC 電源がゼロ電圧付近まで下がり、保持電流(10.1.1 項参照)以下になるタイミングでトライアックは OFF となります。この時点で AC 負荷も OFF 動作になります。

負荷が動作する時間は LED 電流が流れてから AC 電源がゼロ電圧付近に下がるまでの期間になります。LED 電流の位相角を変えることにより、負荷の消費電力量を制御できます。

3. 電力量の調整

負荷に加わる電力量の調整は、AC 電源の位相に対して入力 LED 電流を ON させるタイミングをシフトさせることにより、可能になりますが、OFF のタイミングはゼロクロス付近で固定されているため、OFF の制御による電力量の調整はできません。

また、入力 LED のパルス電流の時間は、トライアックが ON する時間(t_{ON})よりも長くする必要があります。

10.3 ゼロクロス電圧 (インヒビット電圧) (V_{IH})

ゼロクロスタイプのトライアックカプラーはゼロクロス電圧を超えた電圧では LED を ON 動作させてもトライアックが ON できません。これは、トライアック素子内部に電圧を検出する回路が追加されており、ある一定の電圧を超えるとゲート電流が流れないようにしているためです。ゼロクロス電圧は製品毎にバラツキを持っており、最大保証値をゼロクロス電圧 (インヒビット電圧) と言います。

一般的にはゼロクロス電圧が低いほどトライアックが高電圧で ON しないため、ノイズの発生等を抑えることができますが、AC 電源の一周期において ON できる範囲が限られてくるため、確実に ON させるためには、LED に流す電流の大きさと時間を十分に考慮する必要があります。また、ゼロクロス電圧 (インヒビット電圧) は温度に対して変化します。代表例としてデータシート記載のグラフを下記に示します。

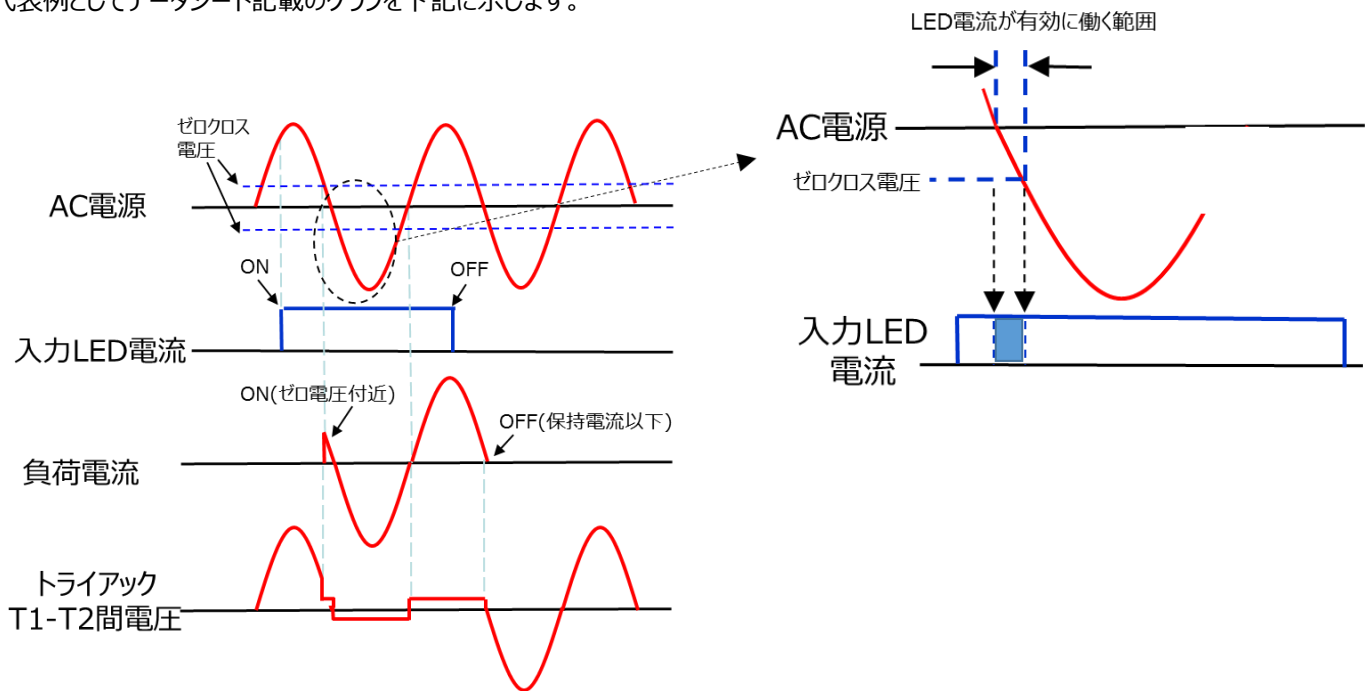


図 10.3.1 ゼロクロス動作波形

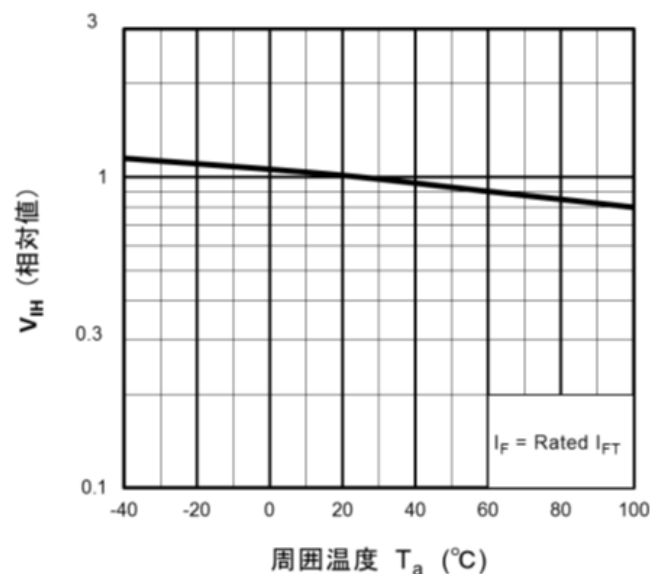


図 10.3.2 相対 $V_{IH}-T_a$

10.4 インヒビット電流 (I_{IH})

ゼロクロスタイプのトライアックカプラーはゼロクロス電圧を超えた電圧ではLEDをON動作させてもトライアック素子はONできませんが、トライアック素子には漏れ電流が発生します。LEDに電流を流してON動作させている分、トライアックの漏れ電流は I_{DRM} よりも大きくなりますので、このインヒビット電流 I_{IH} によって負荷が誤動作しないように注意が必要です。また、インヒビット電流は低温で増加する特性がありますので、低温でも検討が必要です。

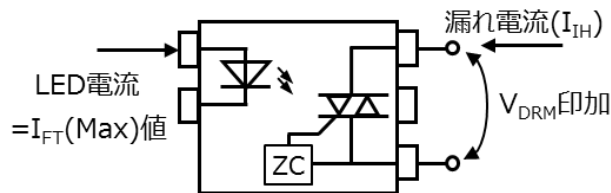


図10.4.1 インヒビット電流 (I_{IH})

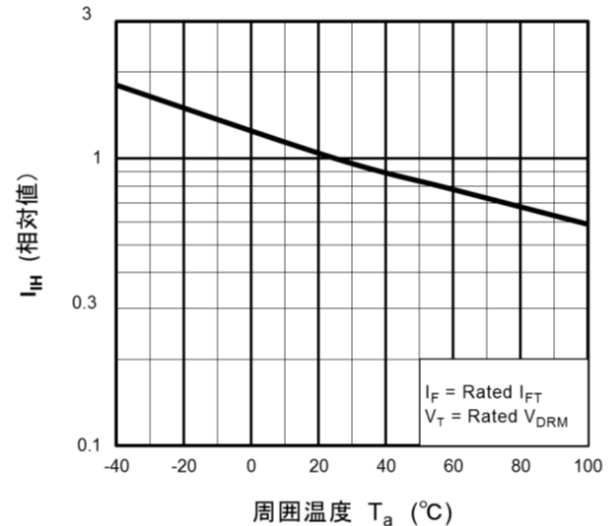


図10.4.2 相対 $I_{IH}-T_a$

10.5 I_{DRM} 特性

入力側LEDがOFFの状態、トライアック素子の両端に最大定格の電圧(V_{DRM})が印加された場合、トライアックはOFF状態ですが、漏れ電流が発生します。この漏れ電流を I_{DRM} といいます。この漏れ電流は温度の上昇と共に指数関数的に増加しますので、高温で漏れ電流による回路誤動作が発生しないように、十分に検討が必要です。

データシートには相対 $I_{DRM}-T_a$ のグラフが掲載されています。例えば、以下のグラフの製品が $I_{DRM}=1\mu A(\text{Max})$ ($@V_{DRM}=600V, T_a=25^\circ C$)を保証されているとすると、 $T_a=85^\circ C$ では $I_{DRM}=4\mu A$ となることが読み取れます。

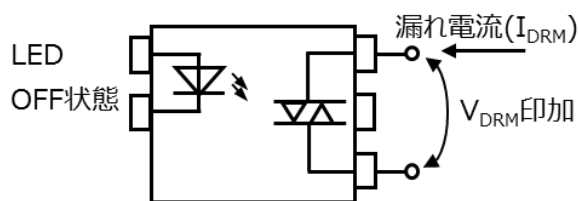


図10.5.1 I_{DRM} 特性

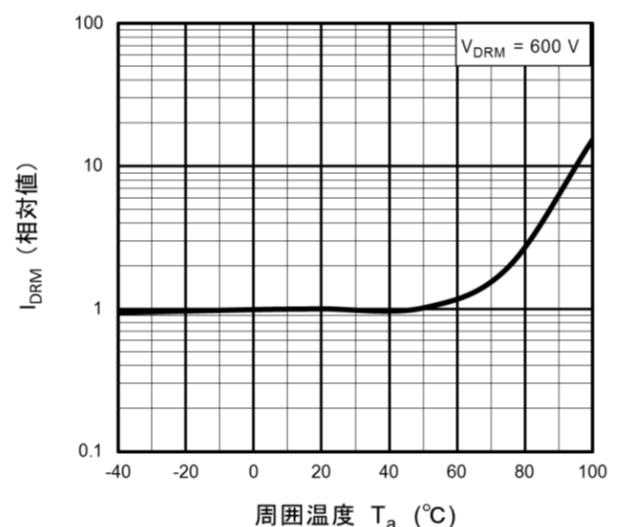


図10.5.2 相対 $I_{DRM}-T_a$

10.6 トライアックカプラーのスイッチング時間 (t_{ON})

10.2項の位相制御では、LED に周期的に矩形波の信号を入れることによって ON 時間を制御できます。

トライアックカプラーは LED の電流を流してから、ある時間以降に ON することになり、この時間遅れをスイッチング時間 (t_{ON}) といいます。LED に流す電流のパルス幅(LED ON 時間)がこの t_{ON} 時間よりも短い場合は、トライアックが ON できなくなるため、注意が必要です。また、LED に流す電流を大きくすると、 t_{ON} は短くなります。

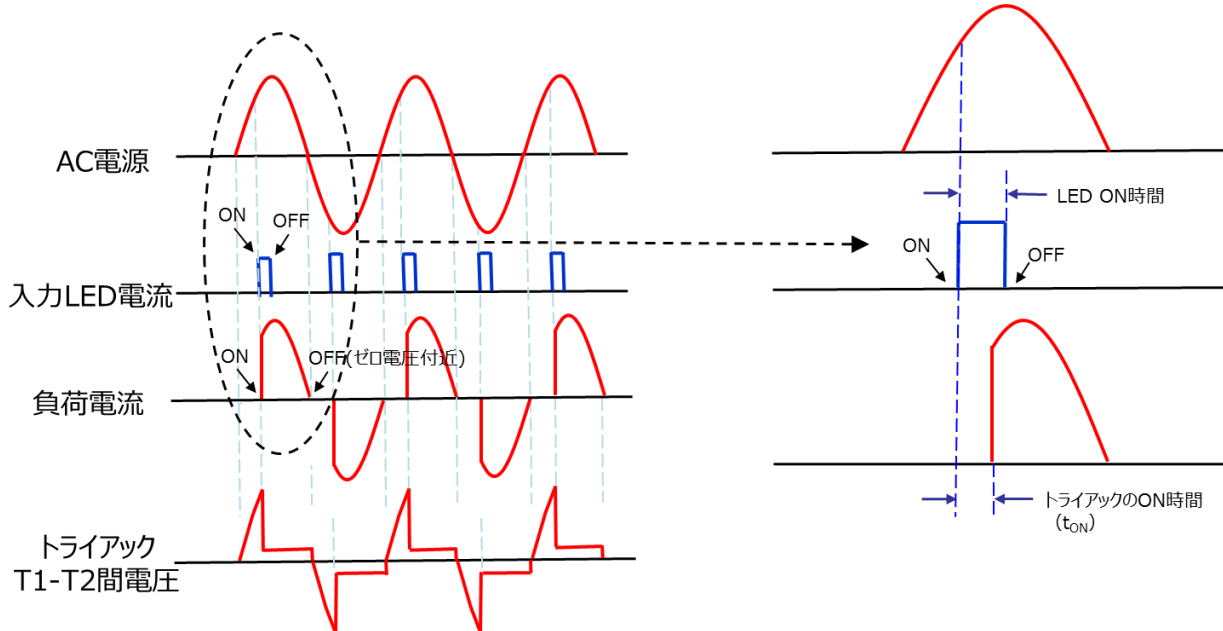


図 10.6.1 トライアックカプラーのスイッチング波形

10.7 dV/dt 特性

入力側 LED が OFF の状態で、トライアック素子の両端に電圧が印加された場合、最大定格 V_{DRM} 以下の電圧値であっても、急激な立ち上がり (dV/dt) の電圧ではトライアックが誤って ON することがあります。トライアックが ON する寸前の dV/dt 限界値を dV/dt 耐量といい、データシート上では「オフ電圧上昇率」として記載されています。

この誤動作は、トライアック素子の PN 接合面が逆バイアスされた状態で急激な立ち上がりの電圧 dV/dt が印加された際に、PN 接合部の容量に充電電流が流れ、それがトライアックのゲート電流として作用することによって起きます。

また、温度が高くなるとこの充電電流も増加しますので、高温における評価、検討が必要です。

この dV/dt による誤動作の防止には、 C_S と R_S を直列接続したスナバー回路を挿入することによって、 dV/dt の傾きを緩和させることが有効になります。但し、スナバー回路の追加で全ての誤動作が防止できる訳ではありませんので、注意が必要です。

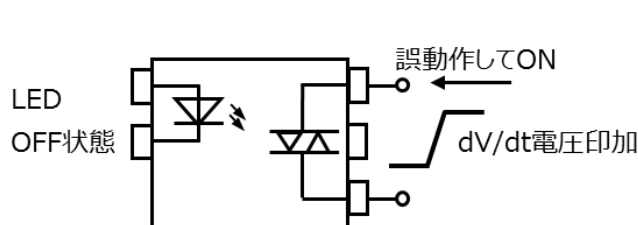


図 10.7.1 dV/dt 特性

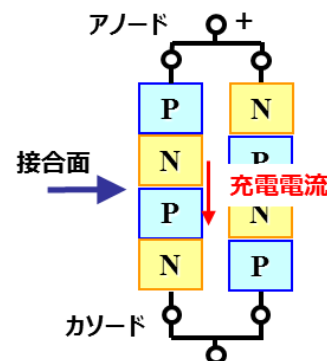


図 10.7.2 dV/dt によってトライアック内部に流れる充電電流

10.8 転流 dV/dt 特性

トライアックプラー単独で負荷を ON/OFF 動作させる際に、LED を OFF にしても出力側トライアックが自己保持機能によって ON の状態が維持される場合があります。その代表例である転流 dV/dt による誤動作について説明します。

出力側トライアックは自己保持機能により、入力側の LED を OFF させた後でもすぐにトライアックが OFF とはなりません。負荷に流れる電流がゼロクロス付近まで下がり、保持電流以下になった時点で自己保持が外れ、トライアックが OFF します。

純粋な抵抗負荷を制御する場合は、電圧と電流の位相は一致していますので、電流がゼロクロス付近まで下がったときには電圧もゼロ電圧付近まで下がります。従って、OFF するタイミングでも大きな電圧は掛かっておりませんので、電圧変化である dV/dt も比較的小さな値となります。

しかしながら、誘導性負荷を制御する場合は電流と電圧の位相が最大で 90° ずれていますので、電流が OFF となるタイミングでは、大きな電圧が掛かった状態で、トライアック両端の電圧が変化することになります。このときの電圧変化を転流 dV/dt といいます。この転流 dV/dt が大きくなるとトライアック内部に蓄積された少数キャリアが、転流時に逆並列に接続されている反対方向のトライアックのゲート電流となり、反対方向のトライアックが誤動作して ON することがあります。これより、トライアックはゼロクロス付近で OFF することができず、AC 電圧の次のサイクルでも ON が続くことになります。

この現象はトライアック独特のもので、逆並列に接続された 2 つのサイリスターが共有の半導体接合面を使用しているために起きる現象ですので、個別のサイリスターを 2 個逆並列に接続した場合は、転流 dV/dt による誤動作は発生しません。この転流 dV/dt による誤動作を防止するためには、トライアック両端に C_S と R_S を直列に接続したスナバー回路を接続することが有効になります。スナバー回路は dV/dt による誤動作を防止することに加え、転流 dV/dt に対しても有効になります。

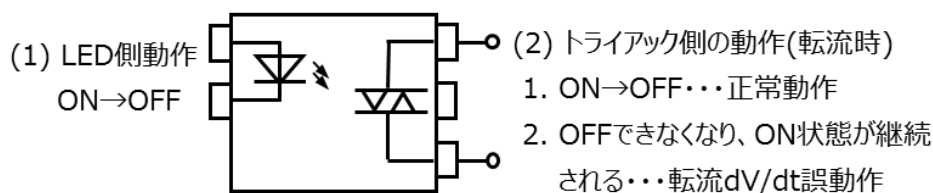


図 10.8.1 転流 dV/dt による誤動作

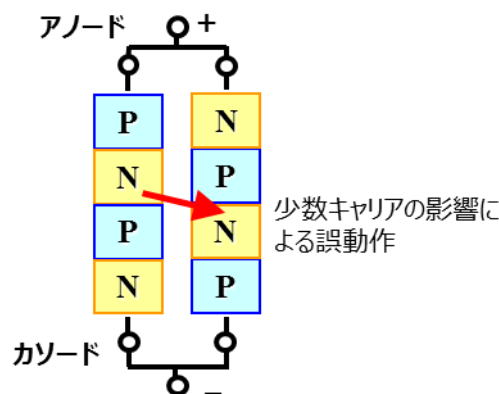


図 10.8.2 トライアック内部の少数キャリアによる誤動作

転流 dV/dt による誤動作が発生しやすい誘導性負荷の制御において、正常動作と誤動作の電流、電圧波形を次項 10.9 で説明します。

10.9 転流 dV/dt によるトライアックカプラーの誤動作 (誘導性負荷)

トライアックカプラーで直接 AC 負荷を制御する回路と動作波形を示します。誘導性負荷の場合は電流が電圧に対して最大で 90° 位相が遅れることになります。

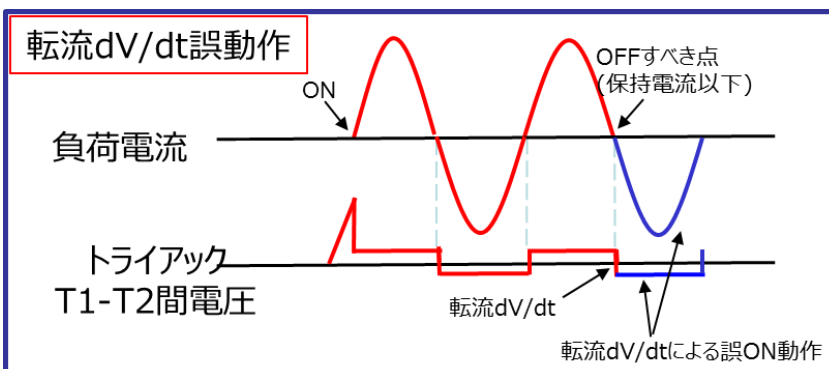
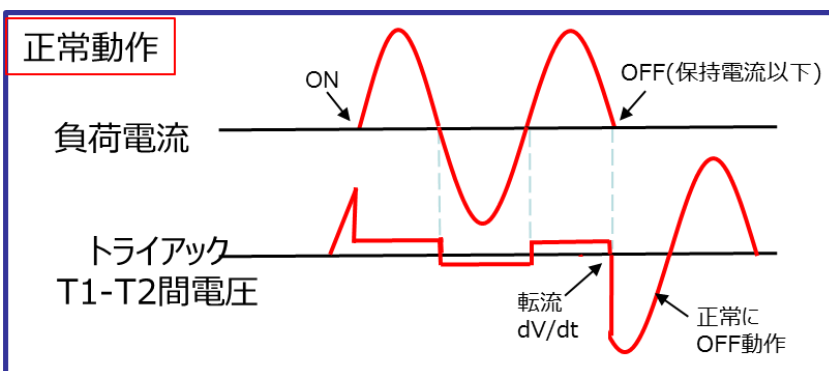
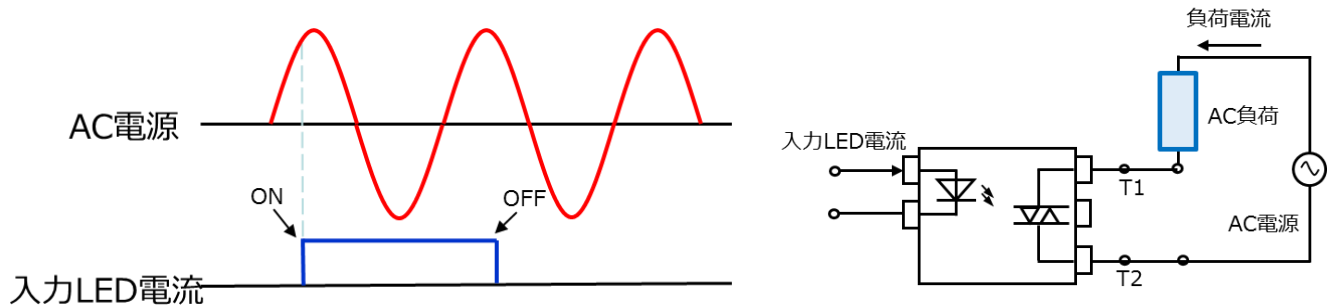


図 10.9.2 転流 dV/dt による誤動作

1. ON 動作

入力 LED 電流が流れると出力側のトライアックが ON 動作し、負荷が動作して負荷電流が流れます。ON している間はトライアックの T1-T2 間の電圧は 1~2V 程度の ON 電圧が発生します。

2. OFF 動作(正常動作)

LED が OFF するタイミングと同時にトライアックは OFF しません。AC 電源がゼロ電圧付近まで下がり、保持電流 (10.11 項参照) 以下になるタイミングでトライアックは OFF となります。この時点で AC 負荷も OFF 動作になります。

3. OFF 動作(転流 dV/dt 誤動作)

保持電流以下のタイミングでトライアックが OFF するべきところで、 dV/dt の影響によって OFF できず、ON 状態が維持された状態になります。

10.10 インパルスノイズ (V_N)耐量特性

入力側 LED が OFF の状態で、AC 電源にインパルスノイズが重畳された場合、出力側トライアックが誤って ON することがあります。インパルスノイズ耐量 (V_N) は、一般的には $1\mu\text{s}$ 幅 (t_N) のインパルスを重ねさせ、トライアックが誤 ON するインパルスのピーク電圧 (V_N) を指します。インパルスノイズによる誤動作は、 dv/dt による PN 接合面の容量成分の充電電流とブレークダウン電流の合計が流れることが原因となって発生します。この誤動作に対しても、スナバー回路 ($C_S + R_S$) が有効に働きます。

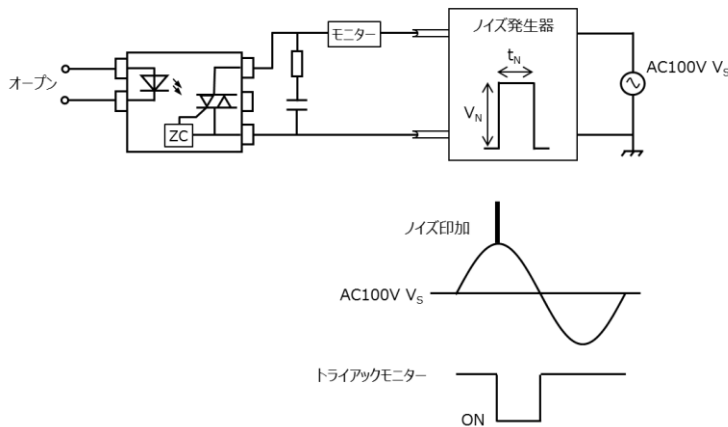


図 10.10.1 インパルスノイズによる誤動作

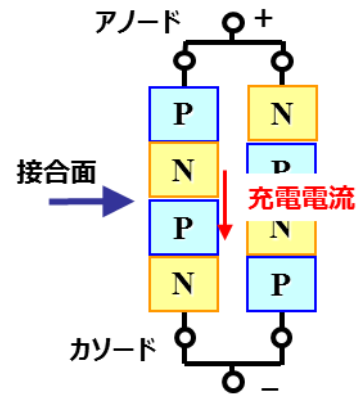


図 10.10.2 インパルスノイズによるトライアック内部の充電電流

10.11 保持電流 (I_H)

入力側 LED を ON 動作させてトライアックが一度 ON 状態になると、トライアックの自己保持機能により、LED が OFF 動作となってもトライアックは ON 状態が自己保持されます。AC 電源の半サイクル内でピーク電圧の値が下がると、トライアックに流れる電流も下がり、この電流がある値以下に下がると自己保持が解除され、トライアックは OFF となります。この自己保持が解除されときの電流を保持電流 (I_H) といいます。また、保持電流 I_H は低温で増加します。

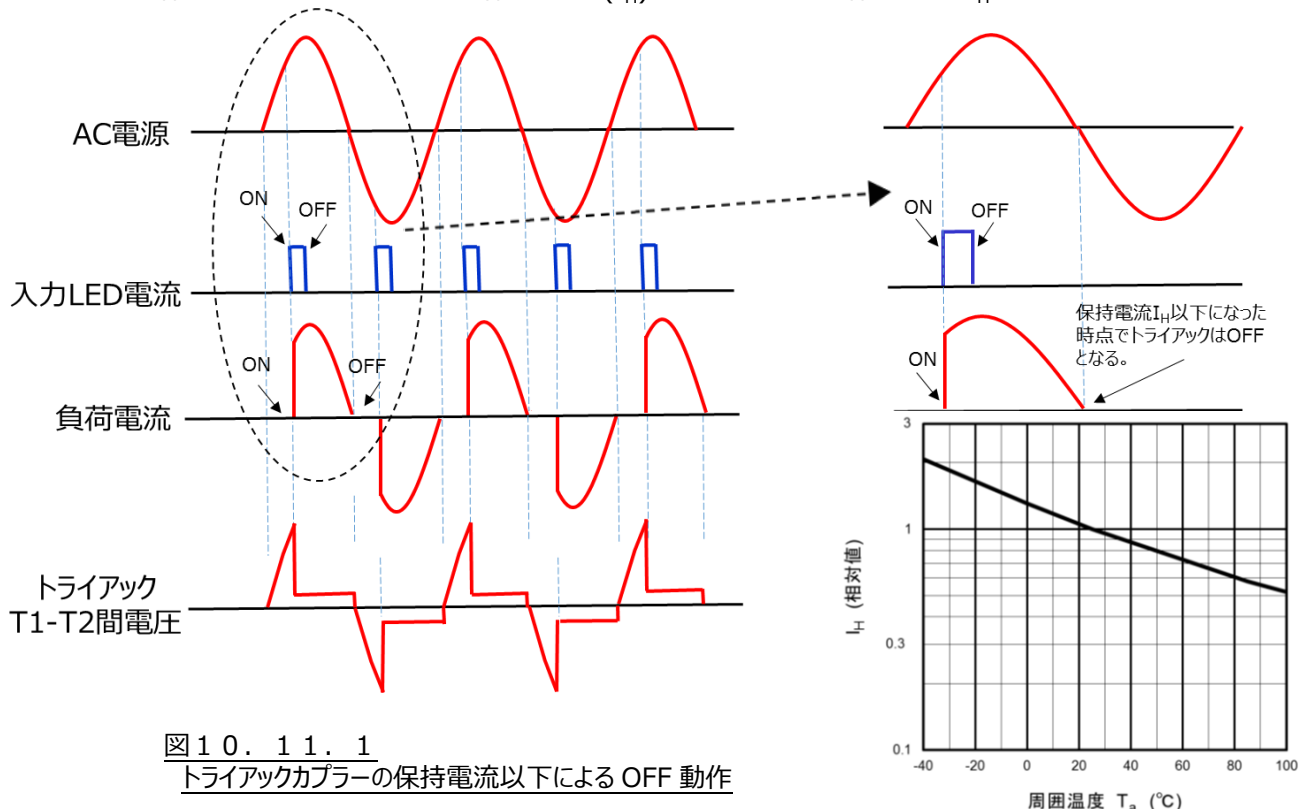


図 10.11.1 トライアックカプラーの保持電流以下による OFF 動作

図 10.11.2 相対 I_H-T_a

10. 12 実効オン電流 (I_T)

出力側トライアックに流すことができる電流 (I_T)は、最大定格で規定されています。許容できる電流は温度によって変わり、下記の例に示す許容実効オン電流の低減グラフで規定しています。

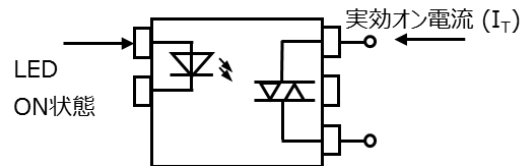
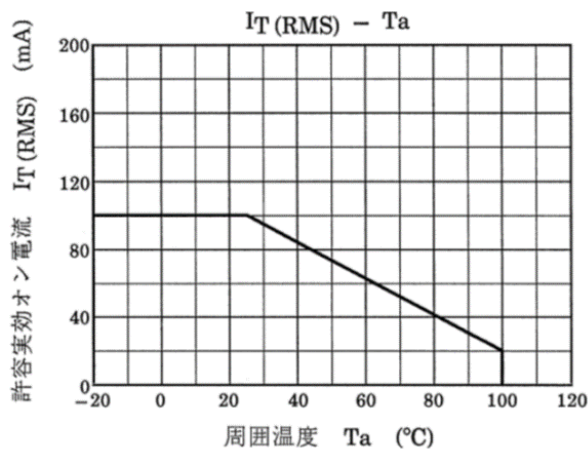


図 10. 12. 1 許容実効オン電流 I_T - T_a 低減率

10. 13 オン電流(パルス) (I_{ONP})

トライアックプラーをトリガー素子としてメイントライアックのゲートを駆動させる場合、メイントライアックが ON するまでの間は、フォトトライアックにパルス電流が流れます。AC 電源においては半サイクル毎に電流が流れ、特にトライアック ON 時のスナバー回路からの放電電流に注意する必要がありますので、その電流値を最大定格で規定しています。一例として、TLP265J では $I_{ONP}(\text{Max}) = 2 \text{ A}$ (100 μs パルス、120pps)の定格が設定されています。

10. 14 せん頭1サイクルサージ電流 (I_{TSM})

トライアックプラーで誘導性負荷や容量性負荷を駆動する場合、最初はインピーダンスが低いために、ON した瞬間に大きな突入電流が流れることがあります。この電流が実効オン電流の定格 (I_T)を超えることがあるため、その突入電流をせん頭1サイクルサージ電流 (I_{TSM})として最大定格で規定されています。一例として、TLP265J では $I_{TSM}(\text{Max}) = 1.2 \text{ A}$ ($P_w = 10 \text{ ms}$)の定格が設定されています。

1 1. トライアックカプラーの応用回路例

トライアックカプラーの基本応用回路と、代表的な応用例を挙げます。

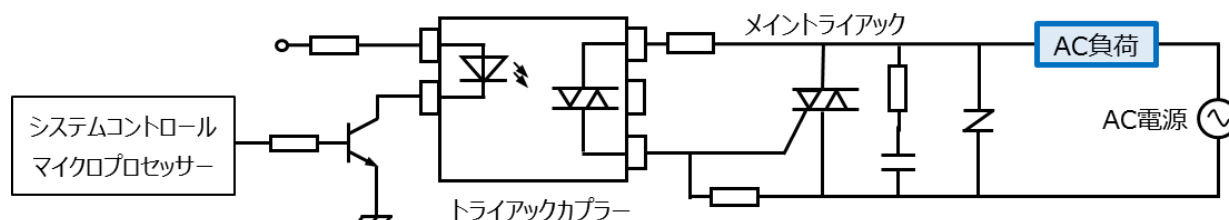


図 1 1. 1. 1 基本応用回路

表 1 1. 1. 1 応用例

用途	機器	応用 (AC 負荷)
民生用 (家電)	エアコン	バルブ (二方弁/四方弁)
	冷蔵庫	除霜ヒーター、製氷用ヒーター
	洗濯機	ソレノイドバルブ、乾燥ヒーター、モーターバルブ/ポンプ
	IH クッキングヒーター	電熱線、ファンモーター
	温調器	ヒーティング (電熱線)
	食器洗い乾燥機	排水弁モーター、給水弁、送風ファン
	電子レンジ	熱風ファン、冷却ファン
	コーヒーメーカー	電熱ヒーター
	温水洗浄便座	便座ヒーター、温水ヒーター、乾燥ヒーター
	給湯器	ソレノイドバルブ、循環ポンプ
	調光スイッチ	電球
産業用	スマートメーター	ソレノイドバルブ
	PLC	出力モジュール
オフィス	プリンター	定着ヒーター制御

1 2. (参考)サイリスターカプラーの応用

1 2. 1 サイリスターカプラーの用途

トライアックカプラーに代わってサイリスターカプラーを 2 個逆並列に使用して負荷を制御する方法があります。部品点数は増えますが、トライアックカプラーで発生する可能性のある転流 dV/dt による誤動作を防ぐことができます。

1 2. 2 サイリスターカプラーの動作原理

サイリスターカプラーは入力側の LED と出力側のフォトサイリスター素子で構成されています。フォトサイリスター素子は PNPN 接合のサイリスター素子構造になっています。

サイリスター素子は通常、ゲート端子に電流が印加されることにより ON 状態となります。サイリスターカプラーでは LED から照射された光が PN 接合面で光電流となり、それがゲート電流になることによって ON 状態になります。

サイリスター素子は一方方向の電流しか ON/OFF 制御できませんが、サイリスター素子を逆並列に接続することにより、トライアック素子と同様の動作になりますので、AC 電源で使用される負荷に対し、両方向の電流を ON/OFF 制御できます。

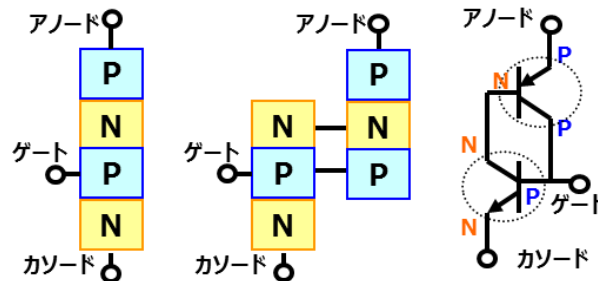


図 1 2. 2. 1 サイリスター素子の等価回路

1 2. 3 (参考)サイリスターカプラーの基本応用回路

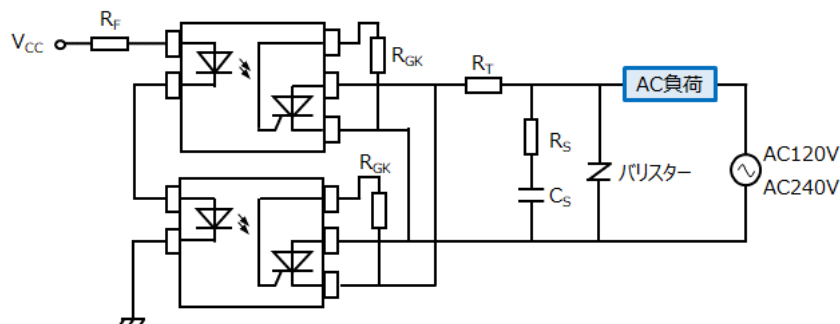
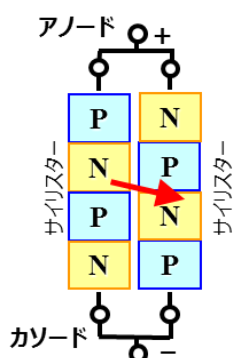
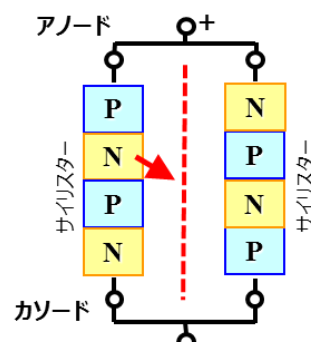


図 1 2. 3. 1 サイリスターカプラー逆接続による AC 負荷制御



2つのサイリスターは同一チップ内にあるため、転流時に少数キャリアの影響を受けて転流 dV/dt による誤動作を起こします。

図 1 2. 3. 2 トライアックの構成



2つのサイリスターはお互いに独立しており、転流時に少数キャリアの影響は受けません。

図 1 2. 3. 3 サイリスター逆接続の構成

1 3. FAQ (よくあるお問い合わせ)

番号	分類	質問内容	回答
1	他製品と比較	メカリレーからトライアックカプラーに切り替えるときの注意点は何か。	トライアックは半導体素子なので、OFF 時でもリーク電流 I_{DRM} が発生し、特に高温で大きくなります。これが後段の負荷やメイントライアックに誤動作を生じさせることが無い確認が必要です。また、 dV/dt や転流 dV/dt による誤動作も注意が必要です。詳細は 1 0 . 7 項、1 0 . 8 項、1 0 . 9 項を参照願います。
2		トライアックカプラーとフォトリレーで動作が大きく異なる点は何でしょうか？	フォトリレーは ON/OFF 両方とも LED の信号によって制御できます。トライアックカプラーは構造上、一旦 ON するとトライアックに流れる電流を保持する性質があり、その後、LED の信号を OFF にしてもトライアックの流れる電流が一定の電流(保持電流)以下にならない限り OFF しません。その為、トライアックカプラーでは LED の信号で OFF 制御できません。
3		トライアックカプラーと SSR(ソリッドステートリレー)の違いは何ですか。	トライアックカプラーは主にトライアックのトリガー用として使用するフォトカプラーの一種です。SSR(ソリッドステートリレー)は一例としてトライアックカプラー、メイントライアック、抵抗、コンデンサーなどで構成されたリレーのことです。トライアックカプラーだけでも負荷を ON/OFF 動作できますが、制御できる電流が小さい(100mA 程度)ので、大電流を ON/OFF 制御する応用では SSR を使います。
4	応用	トライアックカプラーはどのような用途に使われますか？	産業用、家電などのヒーター制御回路、SSR(ソリッドステートリレー)向けです。詳細は 1 1 . 項を参照願います。サイリスターカプラーではそのほかに、スイッチング電源の過電圧保護に使用される例もあります。
5	タイプの選択	サイリスターカプラーとトライアックカプラーはどのように使い分けられますか？	トライアックカプラーは等価的にサイリスター素子が逆並列に接続された構造を持ちます。サイリスターカプラーは AC 電源の半波のみ ON/OFF 制御できますが、トライアックカプラーでは AC 電源の全波を制御できます。トライアックで全波制御するとき、転流 dV/dt 特性が問題となり、誤動作を起こすことがあります。その場合、サイリスターカプラーを 2 個逆並列に接続して等価的にトライアックカプラーとして構成し、転流 dV/dt による誤動作を防止することができます。
6		トライアックカプラーのゼロクロスタイプと非ゼロクロスタイプは、何が違うのですか。どのように使い分けられますか。	ゼロクロスタイプは、AC 電源の電圧が高い期間では ON しない機能を持ちます。一方、非ゼロクロスタイプは AC 電源の位相に関係なく、ON することができます。ゼロクロスタイプは電源電圧が高い期間では ON できないので、ラジオノイズの発生を防止することができます。その一方で、ON できる位相が低い電圧の期間に限られているので電力量制御を目的とした位相制御はできません。詳細は 1 0 . 1 項、1 0 . 2 項、1 0 . 3 項を参照して下さい。
7		トライアックカプラーの耐圧(400V/600V/800V)の選択は、どのように考えればよいですか。	AC 電源のピーク値と電圧変動を考慮し、一般的には AC100~120V ラインに 400V 耐圧品/600V 耐圧品、AC200~240V には 600V 耐圧品/800V 耐圧品を推奨しています。また、トライアックカプラーは AC 電源が出力端子の T1/T2 間に直接印加されますので、AC 電源電圧/使用環境に応じて出力端子間距離を確保する必要があり、その出力端子間距離に応じてパッケージを SO6/DIP6 から選ぶ必要があります。

番号	分類	質問内容	回答
8	設計法	データシートにはトリガーLED電流 I_{FT} の Max 値が記載されていますが、回路設計において LED 電流 I_F の Max 値を超えてはならないという意味ですか？	LED に電流を流し、トライアックが ON する電流のしきい値 I_{FT} は製品によってバラツキを持ちます。このバラツキの最大値を $I_{FT}(\text{Max})$ で保証しています。 I_F の設計では、LED の寿命、温度、設計マージンにより、 I_{FT} よりも大きい I_F 値の設定が必要になります。詳細は 9.1 項を参照してください。また、 I_F は温度デレーティングを含む最大定格も規定されていますので、その定格を超えていないことの確認も必要です。
9		トライアックカプラーでは、トリガー電流により製品ランクが分類されているものがありますが、どのように使い分けしますか？	トリガーLED電流(I_{FT})は、LED に流す電流を増加させたときにトライアックが ON するしきい値電流で、製品によってバラツキを持ちます。データシートの I_{FT} 欄に 10mA(Max)と記載されている場合は 10mA 以下の範囲に入ります。ランクが IFT7 の場合は 7mA 以下の範囲に入り、低電流で動作が可能です。実際の I_F 値を設計する際は、これに温度特性や LED の寿命を考慮する必要があります。詳細は 9.1 項を参照願います。
10		ゼロクロスタイプのデータシートにはインビット電圧(ゼロクロス電圧)の Max が記載されていますが、何の意味でしょうか。	ゼロクロス電圧は製品によってバラツキを持ちます。その最大値を保証している項目がインビット電圧(Max)です。インビット電圧が低いほど、ON したときの突入電流が小さくなりますが、ON できる期間が狭くなります。
11		トライアックカプラーで負荷を位相制御するときの注意点は何かでしょうか？	ゼロクロスタイプでは位相制御をできませんので、非ゼロクロス品を使用しなければなりません。位相制御をするためには、LED に DC 電流ではなくパルス電流を流すことになり、そのパルス幅はトライアックが ON する時間よりも長くする必要があります。また、LED に流す電流を大きくすれば、トライアックが ON する時間が短くなりますので、LED に流すパルス電流の幅に加えて、電流の大きさも考慮して設計しなければなりません。
12		トライアックカプラーに長時間通電した場合、時間の経過と共に変化する特性はありますか？	LED は長時間通電を続けると劣化し、光出力が徐々に低下していき、 I_{FT} 値が初期値よりも大きくなります。LED 経時変化データを用いて、設計時間経過後でも I_{FT} 値以下にならないように、初期 I_F 値を設定する必要があります。
13		応用回路のメイントライアックのゲートカソード間に抵抗 R_{GK} がありますが、これはなぜ必要なのでしょう。	この抵抗 R_{GK} は、ノイズによるメイントライアックの誤動作防止用です。但しメイントライアックに 100Ω程度の R_{GK} が内蔵されているタイプがあり、その場合は必ず R_{GK} を入れる必要はありません。抵抗を挿入する場合、通常は 47Ω程度(100Ω以下)の抵抗を推奨していますが、詳細はメイントライアックの資料を参照して下さい。
14		サイリスターカプラーにはゲート端子が付いていますが、これはどのように使いますか？	出力側サイリスター素子は感度が高いため、ノイズによって誤動作する可能性があります。誤動作を防ぐため、サイリスター素子の感度を下げる目的でゲートとカソード間に抵抗(R_{GK})を接続して使用します。通常は 27kΩ程度を推奨しています。

番号	分類	質問内容	回答
15	回路定数	トライアックに接続するスナバー回路の定数はどのように求めますか。	9. 6 項を参照願います。AC100V 系では $R_S=47\Omega$ 、 $C_S=0.033\mu\text{F}$ 、AC200V 系では $R_S=100\Omega$ 、 $C_S=0.1\mu\text{F}$ を推奨しています。
16		トライアックカプラーでメイントライアックを駆動させるとき、トライアックに直列接続する電流制限抵抗 R_T は必要ですか？ また、 R_T の値はどのように求めたらよいでしょうか。	トライアックカプラーをメイントライアックのトリガー素子として使用するとき、メイントライアックが ON するまでの間、負荷電流がトライアックカプラーに直接流れます。ゼロクロスタイプを使用する場合は ON するときの電圧が低く抑えられますので、電流制限抵抗 R_T の挿入は必要ありません。非ゼロクロスタイプを使用するときは大きな電流が流れるため、この電流をパルスオン電流(I_{ONP})として規定しており、最大定格(一例として 2A)を超えない設計が必要です。一般的には定格の半分程度の電流に抑えることを推奨していますので、100V 系 AC 電源であれば 100Ω 、200V 系 AC 電源であれば 200Ω を推奨しています。 R_T の設計法は 9. 5 項にも記載しています。
17	使い方	トライアックカプラーで高周波信号を ON/OFF できますか？	トライアックカプラーは商用電源の ON/OFF をする目的で設計されており、高周波信号の制御には適しておりません。高周波は電圧の立ち上がり、立ち下りが急になるため、その電圧傾斜によってトライアック内部の容量成分に電流が流れ、誤動作が起きる可能性があります。MOSFET 出力のフォトリレーには高周波信号を ON/OFF できる製品があります。
18		トライアックカプラーを使用して負荷を制御するとき、負荷側に正弦波(AC)電源ではなく、矩形波の電源を用いた場合でも負荷を制御できますか。	トライアックカプラーを使用して負荷を ON/OFF 制御するとき、電源は正弦波の商用周波数(50/60Hz)で使うことが意図されています。矩形波で使われると、それに含まれている高周波成分によって誤動作する可能性がありますので、矩形波の電源を用いることは推奨しておりません。MOSFET 出力のフォトリレーでは矩形波の電源で負荷を ON/OFF することができます。
19		トライアックカプラーの入力側 LED の信号がチャタリングを起こした場合、負荷の ON/OFF 制御にどのような影響がありますか。	LED 信号のチャタリングの波形が $1\mu\text{s}$ 以下の微小なパルス幅であれば、トライアックが追従できないため、特に影響はないと考えられます。また、ゼロクロスタイプの場合にはゼロクロス電圧(インビット電圧)以下であれば ON できませんので、ゼロクロス動作が動作する期間において OFF から ON する誤動作はありません。

変更履歴

バージョン情報	日付	対応ページ数	変更内容
Rev. 1.0	2018-03-12	—	初版
Rev. 1.1	2021-06-07	27	p.2、5、8、9、10、11、12、14、16、17、18、19、20、21、25 改定
Rev. 1.2	2021-08-31	2,3,4	目次 8 項追加、図、ページレイアウト修正

製品取り扱い上のお願ひ

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ご使用ください。お客様に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。