

お客様各位

---

## カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

---

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日  
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

## ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。  
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）  
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、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合せください。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、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、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、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



RENESAS

ユーザーズ・マニュアル

# TRIAC 入門

構造，特性とその応用

---

資料番号 D13187JJ1V1UM00 (第1版)  
(旧資料番号 SEB-519)  
発行年月 December 1997 N CP(K)

© NEC Corporation 1986

(x 屯)

TRIACは、SCRと同じく、多接合からなる固体スイッチング素子で、交流回路の制御を行なうことを目的として開発された3端子（Triode）交流（AC）制御（Switch）素子（アメリカGE社が名付けた）です。

TRIACを使用した交流制御回路は、SCRに比べ、その構成がきわめて簡略化され、コストが低減できるばかりでなく、各種の応用に新たな可能性をもたらすものです。

本資料は、TRIACの構造・特性といくつかの応用について概説したものです。

## 1. 構造と特性

TRIACは、図1に示しますような構造となっており、SCRを逆並列接続したものと考えられます。

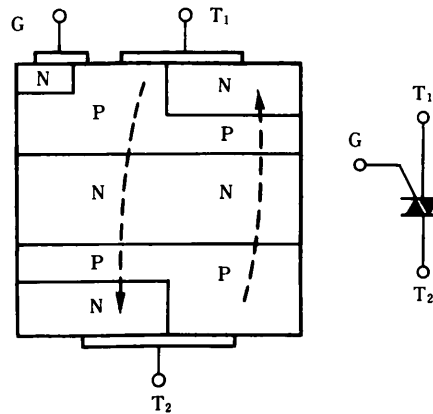


図1 TRIACの原理的構造とシンボル

この図からもわかるように、TRIACはSCRの陽極（以下アノードと呼びます）に相当する側にさらにN形の領域を設けて特性の点対称化を図っているほか、これらの最も外側の接合は、いずれも電極によってP形とN形の一部が短絡されています。さらにSCRの制御電極（以下ゲートと呼びます）に相当する部分に1つ小さなN形の領域を有し、この接合もまた電極によって短絡されている、という構造になっています。

また、TRIACは主電極に関して対称な構造をもっているため、もはやこれらの電極をSCRの場合のようにアノード・陰極（以下カソードと呼びます）と呼ぶことは適当ではありません。そこで、便宜上ゲート（ゲートについてはSCRと同様です）に近いほうの電極を第1電極（ターミナル1：以下T<sub>1</sub>と呼びます）、もう一方を第2電極（ターミナル2：以下T<sub>2</sub>と呼びます）と呼び、T<sub>1</sub>電極を電圧、電流の基準点としています。

このような対称構造からなるTRIACにあつては、その電圧-電流特性もまた図2に示すような対称な双方向性を持ち、しかもSCRと同様にゲートを有するので、その動作はちょうど2個のSCRを逆並列に接続したものと同様となり得ます。

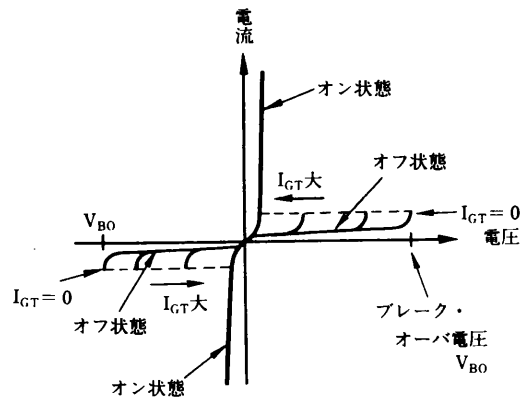


図2 TRIACの電圧-電流特性

また、TRIACは主電極に対して双方向性であるばかりでなく、ゲートに関しても同様に双方向性をもっています。したがって、正負いずれのゲート入力によってでもオフ状態からオン状態への制御が可能です。このことはTRIACがもつ大きな特長の1つで、トリガ回路設計の自由度を高め、TRIACをより使い易い素子としています。

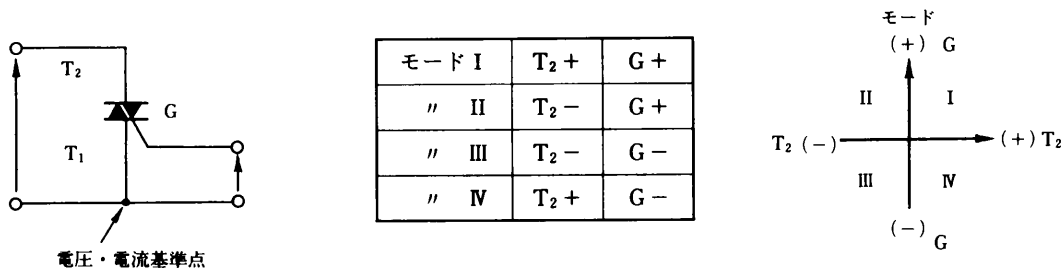


図3 TRIACにおける4つの動作モード

このように主電流、ゲート電流とも双方向の電流が取扱われるので、これらの組み合わせにより、TRIACでは図3に示すような4つの動作モードが存在します。

ゲート電流を流した時の特性は、動作モードによりそれぞれ異なった傾向を示しますが、一般的に漏れ電流が増加し、ブレーク・オーバー電圧が低下します。各動作モードによるトリガ感度の相違は、内部導電機構と密接な関係をもつもので、一般的には(T<sub>2</sub>+, G+)が最も感度が高く、続いて(T<sub>2</sub>-, G-), (T<sub>2</sub>+, G-)となり、(T<sub>2</sub>-, G+)では感度が低くなります。特に(T<sub>2</sub>-, G+)は感度が低いために、他の動作モードとの感度差が大きく実用的でないため、この動作モードでの使用はあまり推奨できません。\*

\* 2.4 トリガ回路をご参照ください。

## 2. 回路設計上の要点

### 2.1 主回路

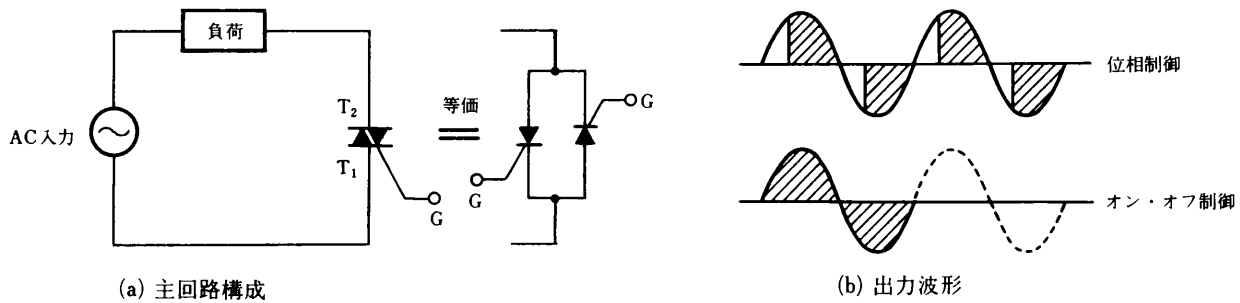


図4 TRIACによる主回路構成と出力波形

TRIACは前述のように、2個のSCRを逆並列に接続したものと同様となり得ます。交流制御回路の場合、主回路構成は図4に示すように逆並列接続された2個のSCRを1個のTRIACで置き換えたものになります。この回路が静止形スイッチとしてオン・オフ制御を行うか、あるいは位相制御を行うか、後述のトリガ回路によって決定されます。

### 2.2 電圧について

SCRと異なりTRIACには逆方向はなく、どちらの極性の印加電圧に対してもゲート電流によってオフ状態からオン状態へと移行することができることは前述のとおりです。

ところが、印加電圧が瞬間的にでもブレイク・オーバ電圧を越えると素子はオン状態となり、主電流が素子の保持電流（以下 $I_H$ と呼びます）値以下に下がるまでは、その状態を維持します。

そこでTRIACを使用する場合、セット動作中繰り返し印加される電圧ピーク値が、素子によって決められているピーク繰り返しオフ電圧（以下 $V_{DRM}$ と呼びます）以下であり、外来サージ電圧、セット異常時に印加される非繰り返し性の電圧ピーク値が、ピーク非繰り返しオフ電圧（以下 $V_{DSM}$ と呼びます）以下でなければなりません。

しかし、後者の非繰り返し性の電圧を定量的にとらえることは困難です。経験的には、“電源電圧（実効値） $\times 2 \sim 3 \leq V_{DRM}$ ”が目安になっており、たとえば、国内100 Vライン、アメリカ120 Vラインでは $V_{DRM}=400$  VのTRIACを国内200 Vライン、海外240 Vラインでは $V_{DRM}=600$  VのTRIACをそれぞれ選定しておけば良いこととなります。

### 2.3 電流について

TRIACを選定する上で、次に電流容量の決め方があります。

一般的には、セットが最悪環境下にある時に過負荷がかかることを想定します。まず繰り返し通電電流より、素子の平均オン損失を求め（カタログの $P_{T(AV)}-I_{T(RMS)}$ 特性図等を参考にしてください）、熱抵抗との積により上昇する接合温度が定格値（125 °C）を越えないように選定すれば良いのですが、通常は“負荷電流値 $\times 1.5 \leq$  TRIACの許容電流（ $I_{T(RMS)}$ ）”が目安となっています。

また、負荷によって過電流（モーターの起動電流、タングステンランプの点灯時突入電流など）が流れることがわかっており、動作のつど繰り返し起こるものの場合も、前述同様に接合温度が定格値を越えないように選定しなくてはならないと同時に、過電流を安全な値に抑えるため、限流リアクトルや抵抗を用いることが必要な場合があります。

目安としては、“通常の負荷電流値×2.0≦ $I_{T(RMS)}$ ”となります。

定常の動作からは予想しえない過電流（負荷の一部あるいは完全短絡など）については、素子のサージ電流定格と過電流保護装置との協調をとらなくてはなりません。保護装置および協調にはいくつかの方法と考え方がありますが、ここでは一例として広く採用されている速断ヒューズによる保護について説明します。

これは、過電流に対してきわめて短時間のうちに溶断する速断ヒューズのしゃ断特性を利用し、素子を過電流から保護するものです。一般に TRIAC のサージ電流特性と、速断ヒューズのしゃ断特性との間には多少の相違があるため、素子の連続許容定格にほぼ等しい速断ヒューズでは、図5に示しますようにある時間  $t$  を境にその関係が反転してしまいます。これでは  $t$  時間以上継続する図中  $c$  のような過電流に対しては、保護が不可能になり、不完全な保護のような印象を受けるかもしれませんが、もっとも危険な負荷である完全短絡に対しては、速断ヒューズで確実に保護し、速断ヒューズのしゃ断特性以下で、ある時間継続するような過電流に対しては、素子の破壊を認めるというこのような保護も、経済性に重点を置く場合はよくとられる方法であり、またその効果も簡単な割には大きいといえます。なお負荷短絡の頻度が高く、そのつど速断ヒューズを交換することが問題となる場合は、限流リアクトルにより、あらかじめ回路の最大電流を図5の  $I_s$  以下に抑え、交流しゃ断器と過負荷継電器で保護を行う方法も考えられます。

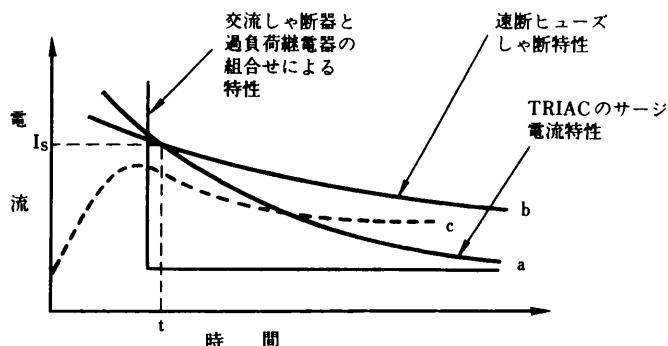


図5 過電流保護協調曲線

## 2.4 トリガ回路

TRIACには4つの動作モードがあって、それぞれトリガ感度が異なることはすでに述べたとおりです。したがってトリガ回路の設計にあたっては、どの動作モードを使うかを考え、そのとき使われる動作モードのうち、トリガ感度の低いほうを基準に設計を行わなければなりません。



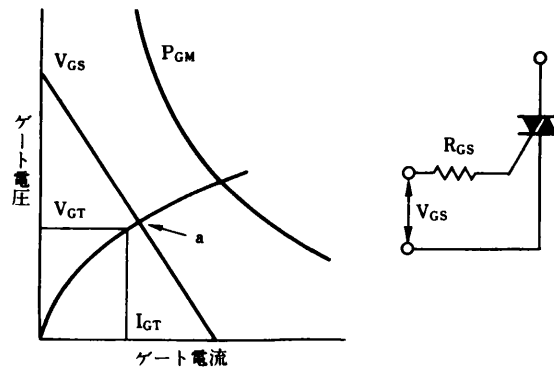


図6 ゲート電圧・電流の特性

図6は、TRIACのゲート電圧・電流特性の一例を示したもので、トリガ信号源の電圧  $V_{GS}$  と、信号源インピーダンス  $R_{GS}$  とは、次の関係式を満足しなければなりません。

$$V_{GS} > V_{GT} + I_{GT} \cdot R_{GS}$$

ここで、 $V_{GT}$ 、 $I_{GT}$ は動作モード、周囲温度および素子特性のバラツキを考慮したときの、TRIACをトリガするために必要なゲート電圧および電流です。

なお、上の関係を満足していても、ゲートに加える電力には制限があり、むやみに大きな電力を加えることを許されませんので、信号源の負荷曲線とゲート特性との交点  $a$  は図6に示しますように、許容ゲート電力  $P_{GM}$  より小さくしなければなりません。

TRIACのゲートは、どちらの極性の信号によってもトリガができることはすでに述べました。しかし、トリガ信号は必ずしも両極性である必要はなく、交番する主電流に対して、単極性の信号により双方向ともトリガすることができます。したがってトリガ回路は、図7のように主電流と同じ商用周波の交流（またはさらに周波数の高い交流でもよい）、あるいは直流を信号源として構成することもできます。ただし直流を信号源とする場合は、前述の最もトリガ感度の低い動作モードである ( $T_2-$ ,  $G+$ ) を避けるため、図7(b)に示しますように、 $T_1$  に対してゲートが(-)のトリガ信号になるよう注意が必要です。

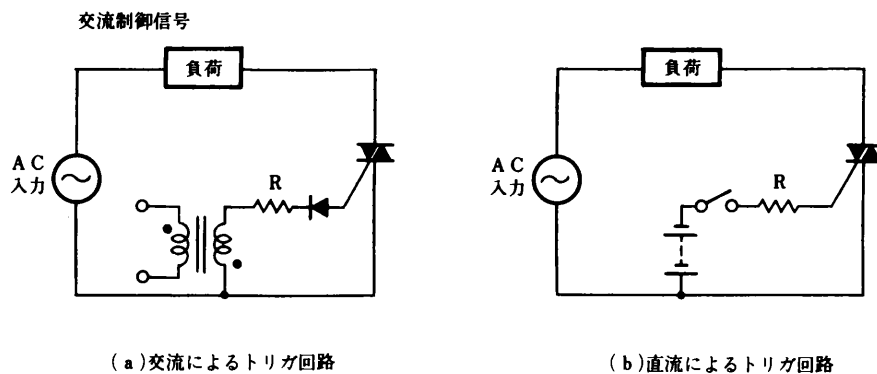


図7 ゲート・トリガ回路の構成

## 2.5 誘導負荷に対する考慮

TRIACによる電力制御には各種の負荷がありますが、特にトランスやソレノイドのように、誘導性の負荷の場合に回路設計上考慮しなければならないことが2つありますので、ここではそのことについて説明します。

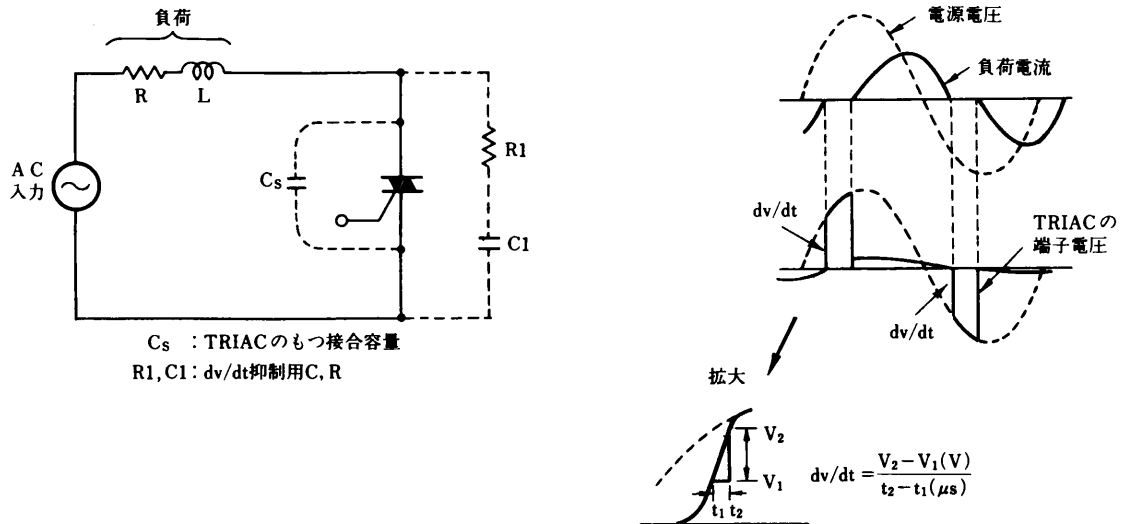


図8 誘導負荷による転流時の $dv/dt$ とその対策

その1つは、転流時の臨界オフ電圧上昇率（以下 $dv/dt$ と呼びます）です。これは主電流が $I_H$ 以下となり、素子がターンオフした瞬間に素子に加わる電圧の上昇率です。

誘導性負荷を含む回路では、電流の位相は電圧に対して遅れ、電圧が逆方向のある値に達したとき初めて、主電流は0に到達します。素子はここでオフ状態を回復し、その瞬間の電源電圧が、回路の浮遊容量と素子がオフ状態でもつ静電容量のみによって決まる上昇率で、素子の両端にあらわれます。その結果 $dv/dt$ により、素子はターンオンして、ふたたびオン状態に移行する誤動作を生ずることが考えられます。

したがって、素子を確実にターンオフさせ、回路の動作を安定にするためには、図8に示しますように素子に並列にCRを付加し、電圧上昇率を制御する必要があります。ここで $C_1$ と直列に挿入されている $R_1$ は負荷インダクタンスと $C_1$ によるリングングを防止すると同時に、次に素子が導通したとき、充電された $C_1$ から瞬間的に過大な電流が流れるのを抑制するためのものです。

ここに使用する $C_1$ および $R_1$ の値は、回路や負荷の条件によって異なり、ある程度実験的に決定しなければならない要素もっていますが、目安としては $C=0.1\ \mu\text{F}$ ,  $R=100\ \Omega$ 程度で $dv/dt$ を $1\ \text{V}/\mu\text{s}$ 以下に抑制することができます。誘導負荷で考慮すべきもう1つの事項は、素子が導通しても、負荷電流は抵抗負荷の場合のように急速に立上りせず、 $di/dt = e/L$ の変化率で形成されるということです。ここで $e$ は電源電圧の瞬時値を、また $L$ は負荷のインダクタンスを表わします。

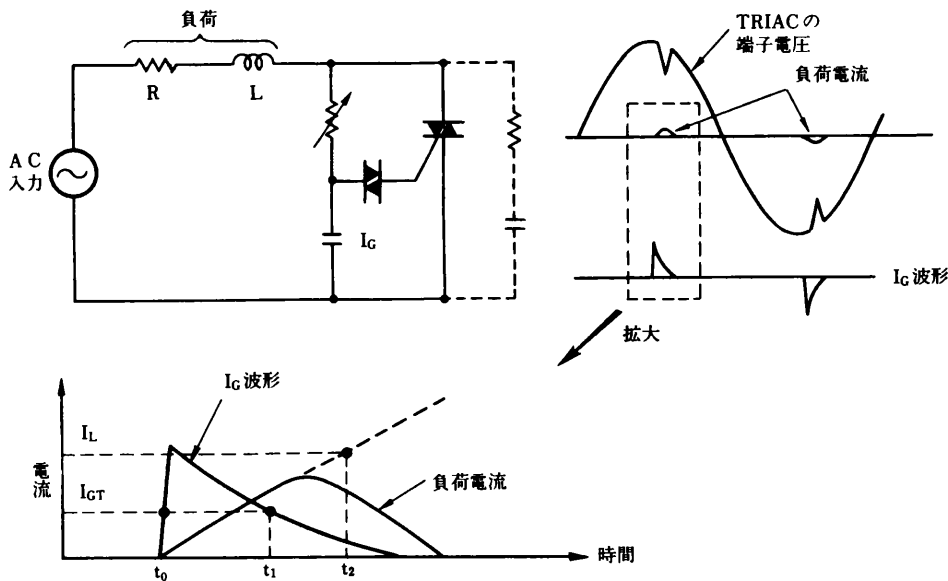


図9 DIACによる位相制御例とその対策

位相制御の場合、図9に示されますようにトリガダイオード(DIAC後述)や単接合トランジスタ(EUJT)によって得られるパルスなどでトリガが行なわれますが、これらから得られるパルス幅は、数 $\mu\text{s}$ ~数 $10\mu\text{s}$ と比較的せまく、トリガ有効期間(図中 $t_0$ から $t_1$ の間)内においても負荷電流が素子のラッチング電流(以下 $I_L$ と呼びます)に到達し得ない場合があります。

もしこのような状態にあるとすれば、素子は事実上オン状態に移行できないこと(もちろんこの場合位相制御もできません)になりますので、何らかの手段を講じて、トリガ有効期間内に素子に流れる負荷電流を $I_L$ に達するようにしなくてはなりません。これを満足させる1つの方法として、前述の $dv/dt$ 抑制のためのCR回路の定数を、負荷電流が希望するレベルに上昇するまで、素子に十分な電流を供給するように配慮することが考えられます。次にその具体的手順を述べます。

まず、素子の $I_L$ を $100\text{ mA}$ とした場合を想定します(通常 $I_L$ はあまりカタログなどには記載されておきませんが目安としては $I_H$ の $1.2\sim 3.0$ 倍位です)。次に、素子を導通させようとする電源電圧の最小瞬時値 $e_f$ を決定します(通常 $e_f=30\sim 40\text{ V}$ で十分な制御範囲が得られます)。さらに素子がトリガされてから負荷電流が $50\text{ mA}$ まで上昇するのに要する時間を見出し、これを $t$ とします。この時点においては、また減衰していくCRの電流も同時に $50\text{ mA}$ に等しくなるか、もしくはそれ以上であることが必要です。以上のことから、CおよびRの値は次式によって求めることができます。

$$R(\Omega) = e_f(\text{V}) / 0.15(\text{A})$$

$$C(\mu\text{F}) = t(\mu\text{s}) / R(\Omega)$$

これによって図10に示すように、 $100\text{ mA}$ 以上の総合電流を素子に与えることができます。

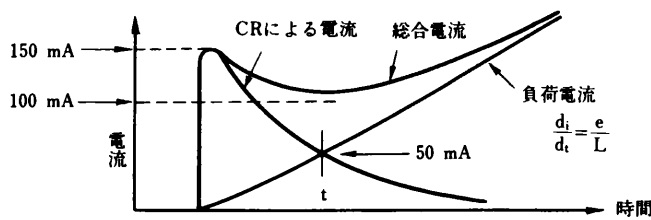


図10 負荷電流(L負荷)立上りの遅れに対する補償

## 2.6 高周波ノイズフィルタ

TRIACの負荷が抵抗の場合は素子が導通するつど、負荷電流は数マイクロ秒以下の時間で0から負荷によって定まる値に達します。このように電流がステップ動作をする場合、これを周波数分析すると、周波数に逆比例した振幅を有するエネルギーの無限スペクトルとなり、高周波ノイズ障害の原因となります。ここではこの高周波ノイズ障害に対する高周波ノイズフィルタについて説明します。

周波数の高いTVやFMラジオでは、高周波ノイズの影響はほとんどありませんが、中波のAMラジオは激しい妨害を受けるため、家庭用の応用（一般民生機器）では高周波ノイズフィルタを挿入しなければなりません。

高周波ノイズフィルタの最も簡単なものは、単一のL-Cローパスフィルタです。もしL-Cの共振周波数を50 kHzに選べば、この簡単なフィルタでも中波の最低周波において、ノイズレベルをおよそ40 dB減衰させることができます。

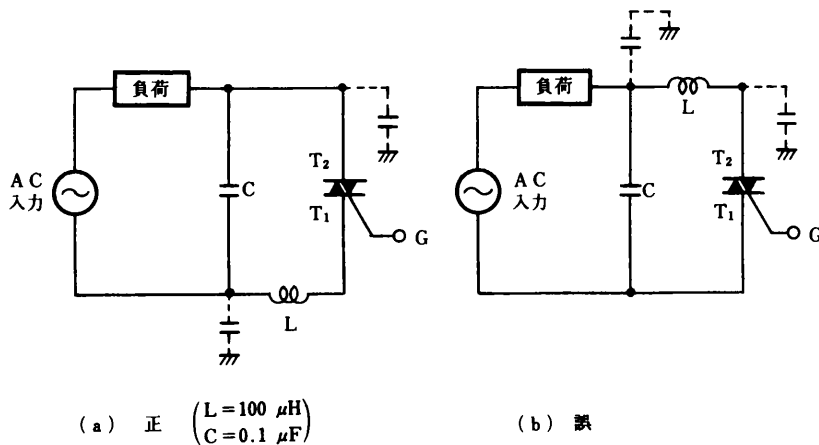
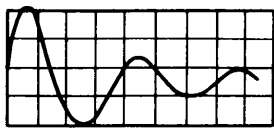


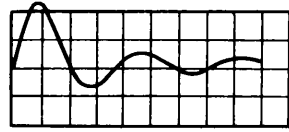
図11 高周波ノイズフィルタの使用法

図11(a)はLの正しい挿入箇所を示したものです。もし誤って同図(b)のように挿入した場合、その効果がかなり減じられるので注意しなければなりません。これは、同図(b)の場合は、素子の $T_2$ (フィン)と放熱器が大地に対してもつ静電容量と回路がもつそれにより、Lをシャントしてしまうためです。

また図11をみると、素子とL-Cが一種の放電共振回路を形成しており、そのダンピングは負荷のインピーダンスに依存していることがわかります。したがって軽負荷になるほど共振状態が強くなり、Qが2.5以上の回路では主電流は図12(a)に示すように反転してしまいます。その結果素子はターンオフし、再びトリガされるため、通常よりトリガの頻度が高くなり、新たなノイズの原因をつくることとなります。しかし簡単なL-Cフィルタでも、抵抗の重負荷があれば、図12(b)に示すように正しく動作します。これは負荷のインピーダンスが、回路のダンピングに寄与する度合が異なるためです。したがって軽負荷に対しては必要なダンピングを別的手段で与える必要があります。その具体的な方法を図13に示します。図から明らかなように、ダンピングのためのC,Rが新たに付加されています。



( a ) 60 W ( 2 A, 5  $\mu$ s/div )



( b ) 150 W ( 2 A, 5  $\mu$ s/div )

図12 図11(a)の回路における TRIAC 電流波形

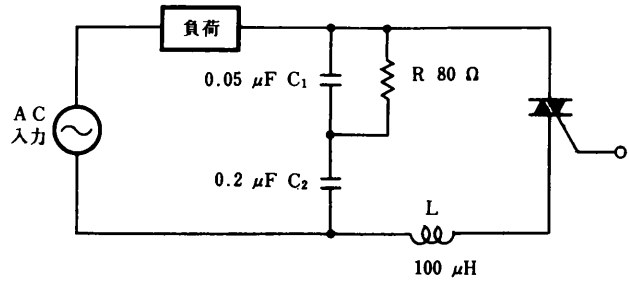


図13 リンギングを抑制したノイズフィルタ回路

### 3. 応用回路

#### 3.1 静止スイッチ

TRIACの最も基本的な応用として静止スイッチ回路をあげることができます。TRIACによる静止スイッチが機械的スイッチにまさる点として、

- (i) 小電力で比較的大電流が制御できる。
  - (ii) チャタリングのような導通状態の不安定さが無い。
  - (iii) 常に電流0の点で素子がオフ状態になるので、アークや回路の蓄積エネルギーによる過渡電圧を生じない。
- などがあげられるほか、
- (iv) 難燃性エポキシ樹脂を採用しており、信頼性が高い。
  - (v) 摩耗部がないので寿命は半永久的である。

など多くの長があげられます。

また他の半導体静止スイッチに比べ、回路構成がきわめて簡単であることも重要な要素です。

回路簡略化の最も著しい例を、図14(a)に示す基本的な静止スイッチ回路にみることができます。トリガモードは $(T_2+*, G+*)$  および  $(T_2-*, G-*)$  を使用しています。比較のため同図(b)に同一の機能をもつSCR回路を示します。

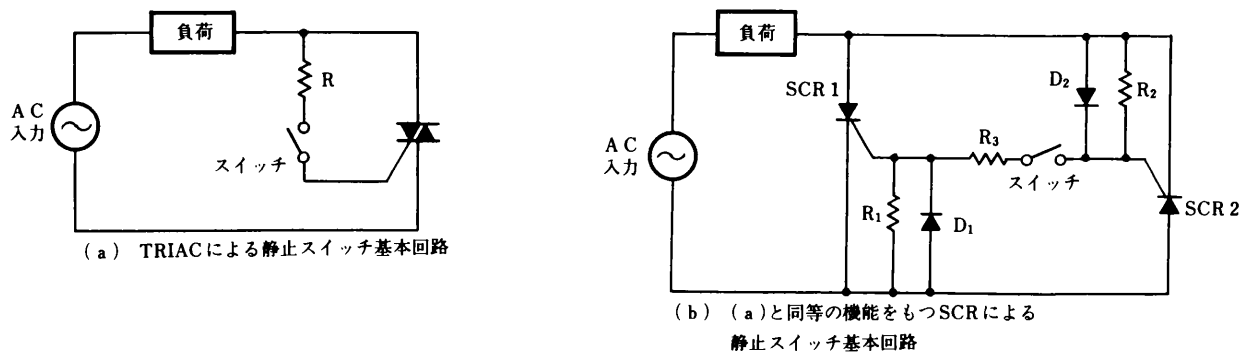


図14 静止スイッチ基本回路

では次にこの静止スイッチの応用を見てみましょう。

図15(a)の回路は音声周波信号によるオンオフ制御ですが、素子のスイッチング動作がランプの応答時間や眼のそれに比べてきわめて速いので、入力信号レベルにより比例制御を行なった場合に類似の効果を生じます。

この回路は2次巻線が開放か短絡かにより、1次巻線のインピーダンスに差を生ずることを利用したもので、制御スイッチが電源から絶縁された低電圧で動作することを特長としています。可変抵抗VRは2次巻線が開放のとき、1次巻線に流れる励磁電流によって素子がトリガされないように調節します。

図15(b)の回路は水位の制御を行なうもので、水がある水位以下の場合にはSCRのゲート信号が供給され負荷に電力を供給しますが、ある水位に達するとプローブを通じて、SCRのゲート信号がバイパスされ、負荷に電力を供給しなくなり、いつも水位が一定となります。

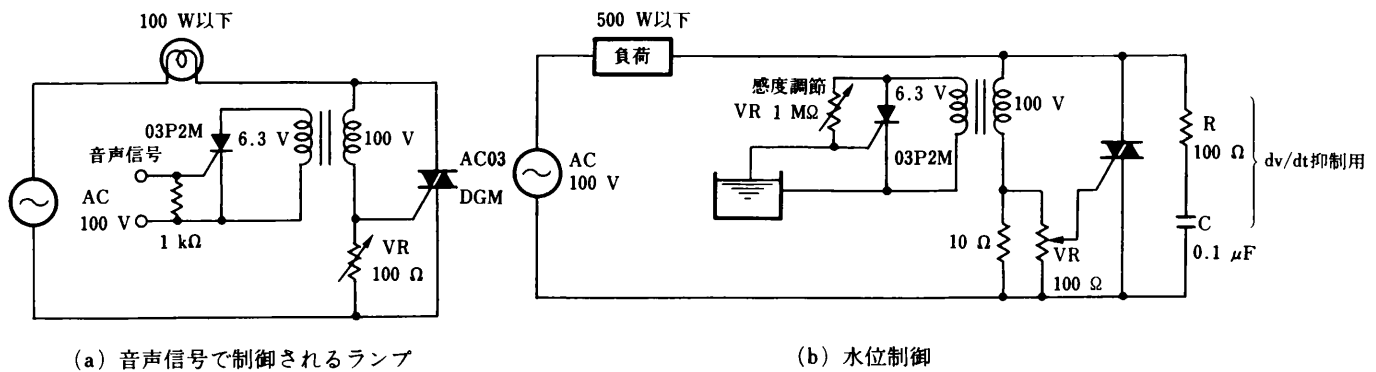


図15 静止スイッチの応用

### 3.2 位相制御回路

以上は静止スイッチ回路への応用ですが、他の重要な応用分野として交流位相制御回路をあげることができます。これは TRIAC を電源周波の任意の位相において、各 1/2 サイクルごとに同期してスイッチングさせるもので、スイッチングの位相を変えることにより、負荷に与える電力を連続的に変化させることができ、温度制御、調光、電動機速度制御など広い応用分野があります。

主回路構成は静止スイッチ回路の場合と同様、図 4 (a) の回路が用いられますが、ただ、静止スイッチ回路では TRIAC のゲートに与える信号を単にオン・オフすればよかったのに対して位相制御回路では電源と同期をとり、定まった位相でトリガ信号を与えなければなりません。このトリガ信号を得る方法として

- i) 単接合トランジスタ (EUJT) を用いる回路
- ii) C-R または L-R 移相回路
- iii) マグアンプを用いる回路

などがあり、すでに SCR のトリガ回路として広く使用されています。TRIAC にももちろんこれらの回路を使用することができますが、このほかにも回路構成を簡易化することのできる TRIAC の特長をいかすため DIAC を用いる回路が考え出されています。

DIAC は図 16 に示すような構造、特性をもつ 2 端子 (Di) 交流 (AC) スwitching 素子で、双方方向に対称な負性抵抗特性を示します。端子については便宜上一方をターミナル 1 (T<sub>1</sub>)、他方をターミナル 2 (T<sub>2</sub>) と呼びます。このような特性をもつ DIAC では EUJT と異なり交流電源から直接トリガパルスを得る回路を構成することができ回路の簡易化に大きな役割を果たします。

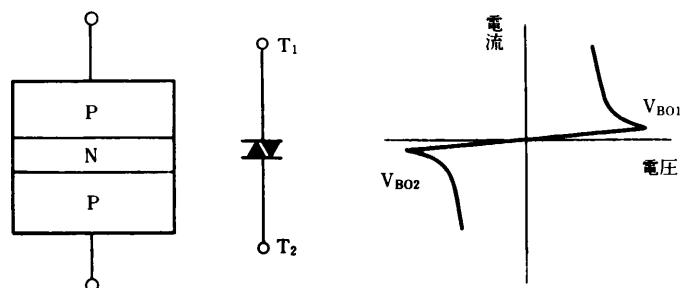


図16 DIACの原理的構造、シンボルおよび電圧電流特性

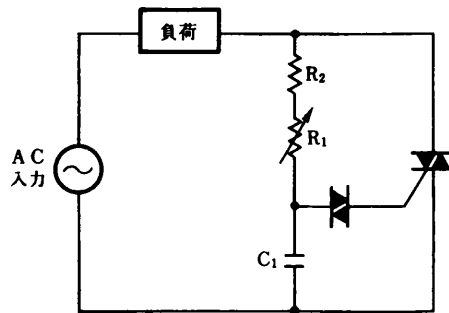


図17 位相制御基本回路

図17はTRIACによる位相制御回路の基本形を示したものです。図から明らかなおとおり、この回路はわずか4つの部品によって構成されています。次にこの回路の動作を考えてみましょう。

可変抵抗 $R_1$ とコンデンサ $C_1$ は移相回路を形成するためのものです。いま $C_1$ 両端の電圧がDIACのブレイクオーバー電圧 $V_{BO}$ に達すると、 $C_1$ に蓄えられた電荷はDIACを通じて放電されます。ここで得られたパルス電流はTRIACをトリガし、その半サイクルの残る部分に対してTRIACを導通にみちびきますが、 $R_1$ の変化に応じて $C_1$ 両端の電圧と位相は図18のように変わるので、 $R_1$ を変化させることにより任意の位相角でTRIACを導通させ、位相制御を行なうことができるのです。この回路の動作モードは $(T_2^*, G^*)$ 、 $(T_2^*, G^*)$ です。

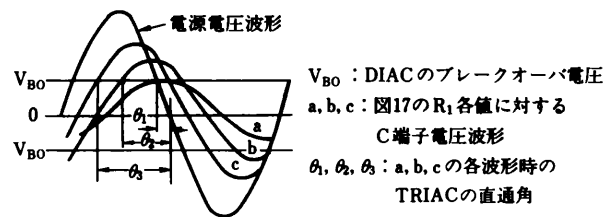


図18 DIACトリガ回路の動作

図19に示されますようにこの回路は制御範囲がやや限られることと、導通開始点付近の低出力部に大きなヒステリシスを生ずる欠点を有しますが、回路の簡略さから簡易光量制御、扇風機速度調節などに応用されています。

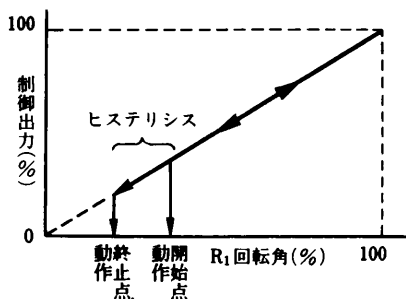


図19 簡易位相制御回路(図17)による制御範囲とヒステリシス現象



図20は前述のヒステリシスが起こる原因を説明したものです。

可変抵抗 $R_1$ が最大値から次第に減じられると、 $C_1$ 両端の電圧は、尖頭値がDIACのブレイクオーバー電圧 $V_{BO}$ に達するまで増大していきます。しかし、A点においてDIACが導通しトリガパルスを発すると、 $C_1$ は電荷の一部を放出し、図のように端子電圧が低下するため、次の半サイクルの導通位相に $\theta$ だけの差を生ずることになります。したがって一度トリガしたあとは、最初に導通したときより $R_1$ の値が大きくなってもトリガは引続き行なわれ、より低い出力電圧に達するまで制御が可能になるのです。

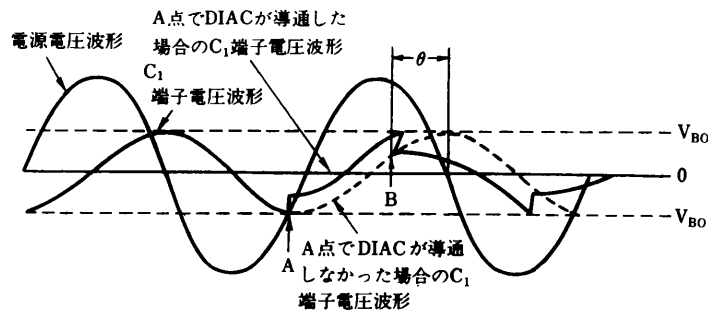
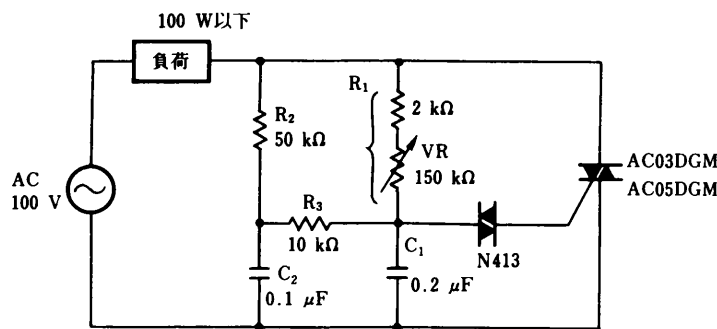


図20 ヒステリシス現象説明図

このようなヒステリシス現象は、比較的簡単な方法で改善することができます。図21にその一例を示します。ここでは第2の移相回路を付加することによって、ヒステリシスを軽減すると同時に、電力の制御範囲をも5%~95%と拡大しています。これは $R_3, C_2$ が次のように作用することによってなされます。つまり、 $R_1$ の抵抗値が高い間は、 $C_1$ は主に $C_2$ 両端にあらわれる移相された電圧により、 $R_3$ を通じて充電されるため、 $C_1$ の移相範囲が拡大されるほか、DIACが導通することによって生じた $C_1$ の電位の降下を次の半サイクルの間に補うためヒステリシスが軽減されるのです。 $R_3$ は、 $R_1$ が最大値のときちょうどDIACが（したがってTRIACが）導通する寸前にあるような抵抗値を調節します。



注)  $R_1$ は2 kΩと150 kΩのVRとの総合抵抗

図21 改良形位相制御回路例

さらにヒステリシス現象を完全に除去した回路を図22に示します。同図(a)の回路は、おのこの正の半サイクルの後タイミングコンデンサ $C_1$ の電位を、付加したダイオードによってリセットし、 $C_1$ に対して常に一定したスタート条件を与えることで、ヒステリシスを除去しています。しかしこの回路は、ゲート回路構成が非対称であるため、TRIACの出力の導通角が制御の全範囲にわたって対称とはなりません。したがって負荷はタングステンランプ、ニクロム線ヒータなどのように純抵抗性のものに限られます。もし負荷が誘導性の場合は同図(b)の回路を用いる必要があります。

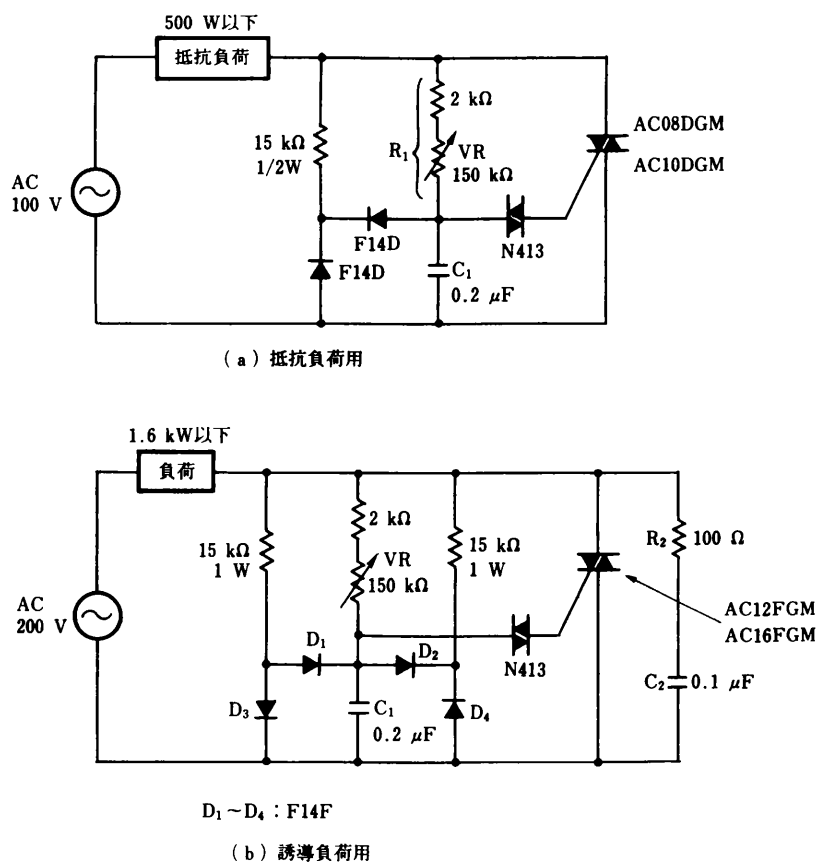


図22 ヒステリシスを除去した位相制御回路

DIACトリガによる位相制御の具体例として図23に完成された調光回路の一例を示します。ここでは高周波ノイズフィルタ、軽負荷に対するリングング防止、ならびにヒステリシス除去の配慮がなされています。

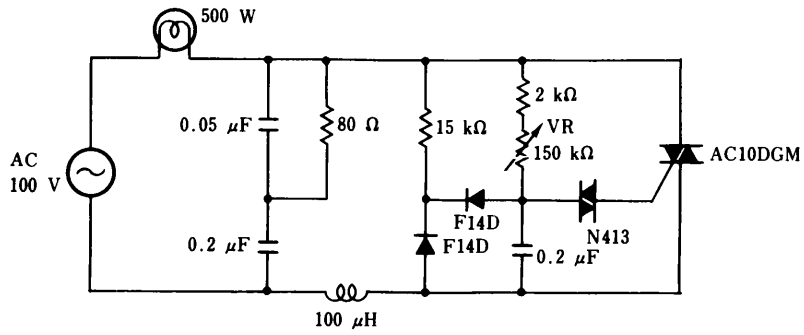


図23 調光回路の一例

以上 TRIAC の構造、特性および設計上の要点、応用について概説しましたが、TRIAC がその目的とするところは、あくまでも交流制御回路の経済設計を果たし、一般用途への TRIAC の普及を図ることにあります。

また、TRIAC 自身もモールド樹脂絶縁型、4 モードトリガ保証型などのいろいろな用途に使い易い製品もできしており、今後の展望が期待できます。

- 文書による当社の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。
- 本資料に記載された製品の使用もしくは本資料に記載の情報の使用に際して、当社は当社もしくは第三者の知的所有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。上記使用に起因する第三者所有の権利にかかわる問題が発生した場合、当社はその責を負うものではありませんのでご了承ください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生します。当社半導体製品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害等を生じさせない冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等安全設計に十分ご注意ください。
- 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「特別水準」およびお客様に品質保証プログラムを指定して頂く「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認の上ご使用願います。

標準水準：コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット

特別水準：輸送機器（自動車、列車、船舶等）、交通用信号機器、防災／防犯装置、各種安全装置、生命維持を直接の目的としない医療機器

特定水準：航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器、生命維持のための装置またはシステム等

当社製品のデータ・シート／データ・ブック等の資料で、特に品質水準の表示がない場合は標準水準製品であることを表します。当社製品を上記の「標準水準」の用途以外でご使用をお考えのお客様は、必ず事前に当社販売窓口までご相談頂きますようお願い致します。

- この製品は耐放射線設計をしておりません。

M4 94.11

## — お問い合わせは、最寄りのNECへ —

### 【営業関係お問い合わせ先】

半導体第一販売事業部 半導体第二販売事業部 半導体第三販売事業部	〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号 (NEC本社ビル)	東京 (03)3454-1111 (大代表)			
中部支社 半導体第一販売部 半導体第二販売部	〒460 名古屋市中区錦一丁目17番1号 (NEC中部ビル)	名古屋 (052)222-2170 名古屋 (052)222-2190			
関西支社 半導体第一販売部 半導体第二販売部 半導体第三販売部	〒540 大阪市中央区城見一丁目4番24号 (NEC関西ビル)	大阪 (06) 945-3178 大阪 (06) 945-3200 大阪 (06) 945-3208			
北海道支社 東北支社 岩手支店 郡山支店 いわき支店 長岡支店 土浦支店 水戸支店 神奈川支社 群馬支店	札幌 (011)251-5599 仙台 (022)267-8740 盛岡 (019)651-4344 郡山 (0249)23-5511 いわき (0246)21-5511 長岡 (0258)36-2155 土浦 (0298)23-6161 水戸 (029)226-1717 横浜 (045)682-4524 高崎 (0273)26-1255	太田支店 宇都宮支店 小山支店 長野支店 甲府支店 埼玉支店 立川支店 千葉支店 静岡支店 金沢支店	太田 (0276)46-4011 宇都宮 (028)621-2281 小山 (0285)24-5011 松本 (0263)35-1662 甲府 (0552)24-4141 大宮 (048)649-1415 立川 (0425)26-5981 千葉 (043)238-8116 静岡 (054)254-4794 金沢 (076)232-7303	福井支店 富山支店 三重支店 京都支社 神戸支社 中国支社 鳥取支店 岡山支店 松山支店 九州支社	福井 (0776)22-1866 山 (0764)31-8461 津 (0592)25-7341 都 (075)344-7824 戸 (078)333-3854 神 (082)242-5504 島 (0857)27-5311 山 (086)225-4455 山 (089)945-4149 福 (092)261-2806

### 【本資料に関する技術お問い合わせ先】

半導体ソリューション技術本部 汎用デバイス技術部	〒210 川崎市幸区塚越三丁目484番地	川崎 (044)548-7914	半導体 インフォメーションセンター FAX(044)548-7900 (FAXにてお願い致します)
半導体販売技術本部 東日本販売技術部	〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号 (NEC本社ビル)	東京 (03)3798-9619	
半導体販売技術本部 中部販売技術部	〒460 名古屋市中区錦一丁目17番1号 (NEC中部ビル)	名古屋 (052)222-2125	
半導体販売技術本部 西日本販売技術部	〒540 大阪市中央区城見一丁目4番24号 (NEC関西ビル)	大阪 (06) 945-3383	