

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、誤りが無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。



アプリケーション・ノート

# μPC1701C

---

資料番号 G13664JJ2V0AN00 (第2版)  
(旧資料番号 SEA-515)  
発行年月 July 1998 N CP(K)

© NEC Corporation 1987

(x 毛)

- 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願います。
- 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。

[× 毛]

ゼロボルトスイッチ“ $\mu$ PC1701C”は、トライアックを使用して交流電力をコントロールするための制御用ICであり、その制御方式が交流電圧のゼロボルト点でトライアックをオンオフさせるため、この名前があります(以下 Zero Voltage Switch の頭文字をとって ZVS と略記します)。ゼロボルトオンオフ制御は、トライアックオン時に発生する高周波ノイズによる無線周波誘導障害 (RFI) を最小にできます。

また、ZVS は交流電源ラインに直結でき、数点の部品を接続すれば機能するように設計されているので、コンパクトな制御回路が構成できます。電熱を利用する各種の家電製品 (電気カーペット, オープン, こたつなど) や、工業用温調機器、従来電磁リレーを使用していた制御機器などに幅広い応用が可能です。

ここでは、ZVS “ $\mu$ PC1701C” についてその概要を紹介します。

### 1. ZVSの必要性

一般にトライアックを使用した交流電力制御装置は、図1のように構成されます。この制御方式には図2(a)のように導通角 $\theta$ を変化させて負荷電力を制御する位相制御と、図2(b)のようにトライアックのトリガを交流のゼロボルト点で行いながら、オンオフ頻度を変えるゼロボルトオンオフ制御があります。位相制御方式は交流電源の半サイクル内で交流電力を0~100%まで連続的に制御できるので、制御精度、応答性ともによく照明の調光、モータ速度制御、電熱制御などに利用されています。しかし、トライアックがオンした瞬間に急峻な立ち上がりの負荷電流が流れるため電磁放射ノイズを発生し、とくにラジオ周波数帯で有害な高周波雑音障害を引き起こします。この対策としては、一般にノイズフィルタが使用されますが、装置の小形化、コストダウンの妨げになっています。

一方、ゼロボルトオンオフ制御方式は、負荷電流が電源電圧波形に追従してゆっくりと変化するので、RFIのない電力制御になります。オンオフ制御のため、照明の調光などの応用はできませんので、主に電熱制御分野、従来の電磁リレーをトライアックに置き換えた無接点交流スイッチなどへの応用が中心になります。

図1 トライアックによる交流電力制御

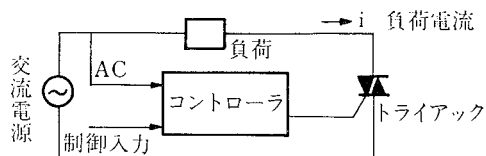
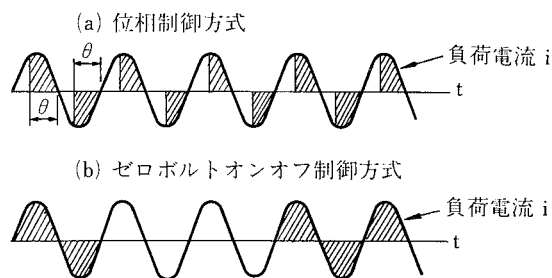


図2 交流電力制御方式の比較



### 2. ZVS “ $\mu$ PC1701C” の概要

$\mu$ PC1701Cのブロック図を図3に、端子接続図を図4に、等価回路図を図5に示します。その特徴を次に列記します。

#### (1) 1 サイクル制御

交流電源の1サイクル単位の制御方式で、負荷電流に直流成分が含まれません。

#### (2) 大電流トリガパルス出力

トライアック3、4モードのトリガで、出力は200 mA以上、パルス幅は100~数100  $\mu$ sの負トリガパルスが得られます。短絡保護のため定電流化しています。

#### (3) 誤動作防止機能

低電圧検出回路を内蔵しているため、ICの電源電圧が低い場合 (スイッチON直後など) には、誤ったトリガパルスを発生しません。

#### (4) コンパレータ同相入力範囲大

コンパレータは、pnpトランジスタ入力と同相入力範囲が広い。またオープンコレクタの出力端子があり制御量のヒステリシス調整が可能です。

#### (5) 抵抗負荷用

交流電源の零電圧点検出方式であり、トリガパルス発生位相は多少遅らせることはできますが、抵抗負荷専用です。

注

$\mu$ PC1701Cは、外付部品を追加して力率 (COS $\phi$ ) が 1 より小さい誘導性負荷等をゼロボルトオンオフ制御可能です。また同様に外付部品の追加で制御分野の異なる位相制御へも応用することができます。

この広い応用範囲からは、 $\mu$ PC1701Cは単にゼロボルトスイッチと言うより、汎用ゲートトリガICと呼べる商品です。

また、表 1、2 に絶対最大定格、電気的特性を示します。これらの数値などは後ほど使い方の中で説明します。

表 1 絶対最大定格 (T<sub>A</sub> = 25 °C)

項目	略号	条件	定格	単位
電源電圧	V <sub>s</sub>	外部直流電源 端子7-5	-8.0	V
電源電流	I <sub>s</sub>	外部電源	-40 (平均値)	mA
同期電流	I <sub>syn</sub>	商用交流電源 端子7-8	5.0 (実効値)	mA
入力電圧	V <sub>i</sub>	端子7-1, 7-3, 7-4, 7-8	≤ V <sub>s</sub>	V
接合温度	T <sub>j</sub>		125	°C
動作温度	T <sub>opt</sub>		-20~70	°C
保存温度	T <sub>stg</sub>		-40~125	°C
全損失	P		350	mW

注

電源電圧V<sub>s</sub>は、外部直流電源を直接端子7-5間に接続する場合の定格値です。交流電流を半波整流する等の方法でDCの直流電源を得る場合は、内部の電圧ダイオードのツェナー電圧でクリップされ、8.5 V TYP.が出力されます。

図 3  $\mu$ PC1701Cのブロック図

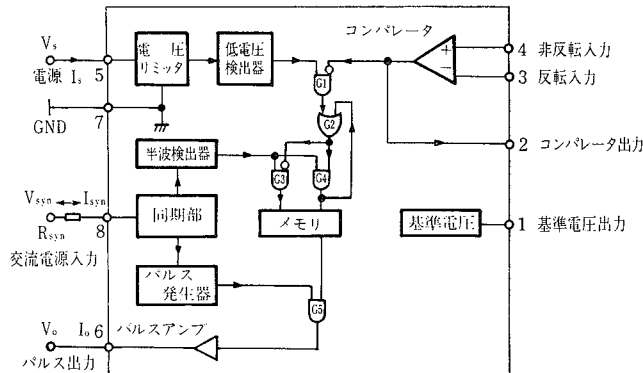
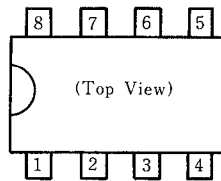


図 4 端子接続図



端子番号	端子名	端子番号	端子名
1	基準電圧出力	5	電源
2	コンパレータ出力	6	パルス出力
3	反転入力	7	GND
4	非反転入力	8	交流電源入力

図 5  $\mu$ PC1701C の等価回路

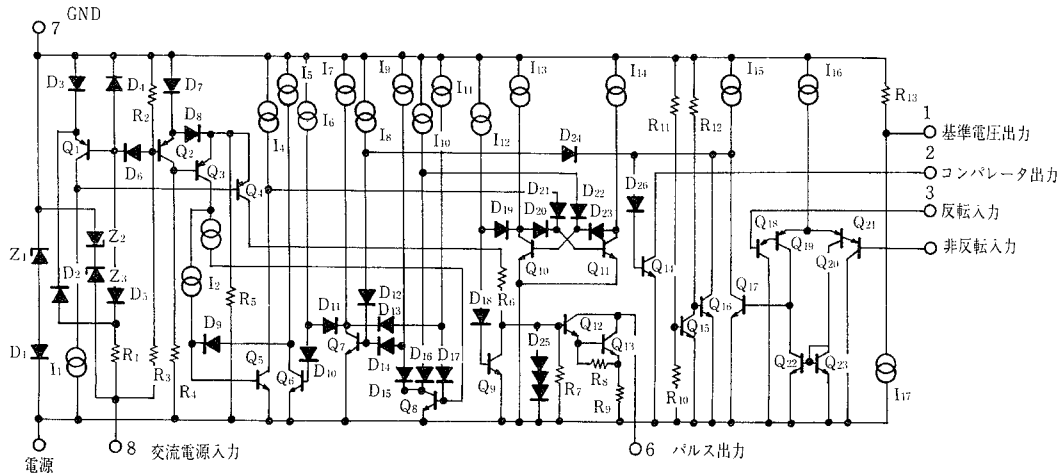




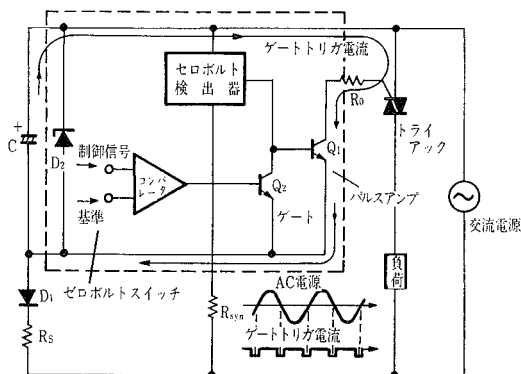
表 2 電気的特性 ( $T_A=25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V_S=8\text{ V}$ ,  $V_{syn}=100V_{RMS}$ , 50~60 Hz)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
回路電流	$I_{CC}$	$R_{syn}=56\text{ k}\Omega$	—	2.0	2.5	mA
電源電圧 1	$V_{S1}$	$I_S=2.5\text{ mA}$ , $R_{syn}=56\text{ k}\Omega$	8.3	—	9.5	V
電源電圧 2	$V_{S2}$	$I_S=20\text{ mA}$ , $R_{syn}=56\text{ k}\Omega$	8.3	—	9.6	V
同期電流	$I_{syn}$	—	0.3	—	—	mA
出力パルス幅	$t_p$	$R_{syn}=56\text{ k}\Omega$	—	200	—	$\mu\text{s}$
出力電圧	$V_O$	$I_O \leq 200\text{ mA}$	5.0	6.0	—	V
出力電流	$I_O$	$R_O \leq 25\ \Omega$	200	250	—	mA
出力リーク電流	$I_{LO}$	—	—	—	2.0	$\mu\text{A}$
入力オフセット電圧	$V_{IO}$	—	—	2.0	5.0	mV
入力バイアス電流	$I_I$	—	—	0.5	1.0	$\mu\text{A}$
同相入力範囲	$V_{ICM}$	—	0	—	6.5	V
出力リーク電流	$I_{LC}$	—	—	—	0.2	$\mu\text{A}$
基準電圧	$V_R$	$I_R \leq 1\ \mu\text{A}$	3.8	4.0	4.2	V

### 3. ゼロボルトオンオフ制御回路

ZVS “ $\mu\text{PC1701C}$ ” によるトライアックのゼロボルトオンオフ制御回路の基本構成は、図 6 のようになっています。この回路は、ZVS を交流ラインに直接接続して使用できるので外付け部品が少なくすみます。基本的動作は、交流電圧の零点付近で、図 3 のブロック図の同期部、パルス発生器で構成されたゼロボルト検出器から信号が出力され、 $Q_1$  で増幅されてゲートトリガパルスになります。コンパレータの出力によりその発生、停止が制御されます。以下に、図 7 の  $\mu\text{PC1701C}$  を使用したオンオフ温度制御回路と、図 6 の基本回路とを対比する形で動作を説明します。

図 6 ゼロボルトオンオフ制御回路

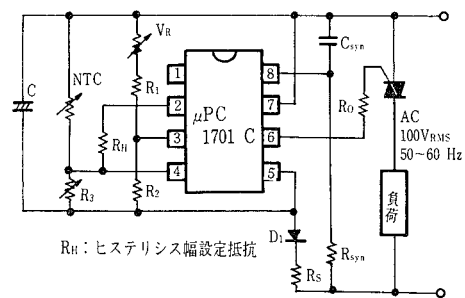


### 3-1 ZVSの電源

図 6 において、まず外付けの  $D_1$ ,  $R_s$  で交流を半波整流し、 $C$  に充電します。その電圧は定電圧ダイオード  $D_2$  のツェナー電圧にクリップされます。この直流電源で回路の動作に必要なバイアスと、ゲートトリガ電流の供給を行います。図 7 では端子 7-5 間に定電圧ダイオードが入っており、そのツェナー電圧は 8.5~9.0 V です。この定電圧ダイオードに、ZVS の 1 サイクル制御論理回路、コンパレータなどの回路が並列接続され、その回路電流  $I_{cc}$  は 8.0 V 印加時に最大で 2.5 mA になっています。

絶対最大定格の電源電圧  $V_S$  は、ZVS 内部の定電圧ダイオードを破壊することなしに接続可能な直流電源電圧の最大値を規定したものです。交流電源を半波整流して直流電圧を得る場合や、電流制限抵抗により電源電流  $I_S$  を 40 mA 以下に抑えた外部直流電源を接続する場合は適用されません。

図 7 ZVS によるオンオフ温度制御回路



交流を半波整流して得られる平均直流電圧は、交流電圧実効値の45 % です (0.45 V<sub>RMS</sub> で、100 V の電源では45 V)。ZVSへ流れる電流I<sub>S</sub>は次式で表されます。

$$I_S = (0.45 V_{RMS} - V_Z) / R_S \quad (1)$$

たとえば、R<sub>S</sub>=20 kΩ とすると (V<sub>RMS</sub>=100 V、V<sub>Z</sub>=9 V とする)、I<sub>S</sub>=1.8 mA が得られますが、ZVSの回路電流が最大2.5 mA ですので定電圧ダイオードに電流が流れず、回路が正常にバイアスされないので、R<sub>S</sub>をもっと小さくしなければなりません。逆にR<sub>S</sub>を小さくしすぎてI<sub>S</sub>の定格40 mA を越えないようにし、後で説明するセンサに流れる電流I<sub>Ssensor</sub>と、ゲートトリガパルス電流の平均値I<sub>G(AV)</sub>などを考慮してR<sub>S</sub>を決定します。

ZVSの電源用R<sub>S</sub>の設定が悪くリップルなどが大きい場合は、低電圧検出器が動作して、トリガパルスの発生を停止することがあるので注意が必要です。

### 3-2 零点検出とトライアックトリガ

図6のゼロボルト検出器には、R<sub>syn</sub>を介して交流電圧が印加されており、その零電圧点付近だけQ<sub>1</sub>にベース電流を流しオンします。トライアックのゲートトリガ電流は、コンデンサCから供給され、T<sub>1</sub>端子、ゲート端子、R<sub>0</sub>、Q<sub>1</sub>を通じて流れます。図7では、ZVSの端子8-7間に交流電圧を印加し零点を検出しており、端子6-5間に図6のQ<sub>1</sub>に相当するトランジスタが入っています(図3のブロック図では、同期部、パルス発生器、パルスアンプで示してあります)。端子6-5間のトランジスタスイッチは定電流特性をもたせてあり、最小200 mA 流すことができます。R<sub>0</sub>は0 Ω でもZVSが破壊することはありませんが、ゲートトリガパルス電流の平均値が大きくなりすぎてR<sub>S</sub>の設定に負担が増すことになるので必要最小限のゲートトリガ電流が流れるようR<sub>0</sub>を決めます。

### 3-3 コンパレータ

ZVSのもう1つの重要な機能は、前記トリガパルスの発生、停止を制御するコンパレータです。図6においてコンパレータの出力がロウレベルのとき、Q<sub>2</sub>はオフです。Q<sub>1</sub>はゼロボルト検出器からの信号を増幅しトリガパルスを出力します。図7ではZVSのコンパレータの反転入力端子3に基準電圧(端子1)を印加し、可変抵抗と温度センサで分割された非反転入力端子4の電圧と比較しま

す。低温では温度センサ(負温度係数サーミスタ:NTC)の抵抗が大きく、端子5を基準とすると、端子4の電圧は端子3の電圧より低く、コンパレータ出力はロウレベルで、端子6のパルス出力も零電圧点でロウレベルになってトライアックをトリガします(図3のブロック図では、コンパレータ出力の後に、G<sub>1</sub>~G<sub>4</sub>メモリで構成される1サイクル制御機能が付加してありますが基本的には同じです)。

## 4. オンオフ温度制御回路の設計方法

R<sub>S</sub>、R<sub>syn</sub>、R<sub>0</sub>、Cなどの定数の設定手順を実例を示しながら説明します。

### 4-1 設計仕様の例

消費電力	100 W ± 5 % のヒータ
交流電圧	100 V <sub>RMS</sub> ± 15 %, 50/60 Hz
周囲温度	T <sub>A</sub> = -20 °C ~ +50 °C
温度検出	NTCサーミスタを使用し、60~100 °C を制御する。

### 4-2 使用部品とその特性

抵抗、コンデンサの定数計算に先だち、回路構成、使用部品を決めて、その特性を整理しておきます。

- 回路構成 図7の構成とし、以下部品はその記号により表示します。
- ヒータ 95~105 W したがって、抵抗値は、95.3~105.3 Ω です。

負荷電流の最小値

$$I_{LOAD\ MIN.} = \frac{85\sqrt{2}}{105.3} \sin \omega t = 1140 \sin \omega t \text{ [mA]}$$

- トライアック AC03DGM 交流電源電圧(V<sub>RMS</sub>)が100 V 負荷電流(I<sub>LOAD</sub>)0.5 Aなので400 V、3 A トライアックを使用する。

$$\begin{aligned} I_{GT} &\leq 15 \text{ mA (at } 25 \text{ }^\circ\text{C)} & I_{GT} &\leq 25 \text{ mA (at } -20 \text{ }^\circ\text{C)} \\ I_{LATCH} &\leq 25 \text{ mA (at } 25 \text{ }^\circ\text{C)} & I_{LATCH} &= 50 \text{ mA (at } -20 \text{ }^\circ\text{C)} \\ V_{GT} &\leq 1.5 \text{ V (at } -20 \text{ }^\circ\text{C)} & & \text{の規格品を使用。} \end{aligned}$$

- ゼロボルトスイッチ

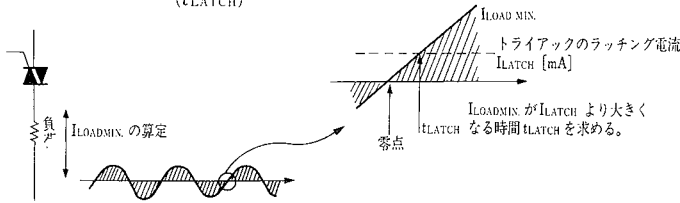
$$\begin{aligned} \text{端子6-5間} & V_{CE(sat)}(V_S - V_O) = 1.0 \text{ V (at } I_O \leq 40 \text{ mA)} \\ \text{端子7-5間} & I_S \leq 2.5 \text{ mA (at } 8.0 \text{ V)} \\ & V_S = 8.5 \sim 9 \text{ V} \end{aligned}$$

- NTC (負温度係数) サーミスタ

$$55 \text{ k}\Omega \text{ (at } T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C)} \sim 6 \text{ k}\Omega \text{ (at } T_A = 100 \text{ }^\circ\text{C)}$$

#### 4-3 定数設定手順

- (1) 負荷電流が、トライアックのラッチング電流より大きくなる時間を計算します。  
( $I_{LOAD}$ ) ( $I_{LATCH}$ )  
( $t_{LATCH}$ )



- ゼロボルトスイッチで抵抗負荷なので、負荷電流も正弦波状に変化し

$$I_{LOAD\ MIN.} = 1140 \sin \omega t \text{ [mA]} \quad (\omega = 2\pi f, f = 50 \text{ Hz})$$

トライアックの

$$I_{LATCH} = 50 \text{ mA (at } -20^\circ\text{C) など}$$

$$I_{LOAD\ MIN.} \geq I_{LATCH} \text{ となる } t_{LATCH} = \frac{\sin^{-1} 50/1140}{\omega} = 140 \mu\text{s}$$

負荷電流は、零点から140  $\mu\text{s}$  後にラッチング電流より大きくなります。

実際には、トライアックのオン電圧約1 Vを考慮した20~30  $\mu\text{s}$  加えた時間になるが、余裕を2倍程度とるので、あまり気にする必要はありません。

- (2) ゲートトリガパルス幅を  $R_{syn}$ ,  $C_{syn}$  により設定します。

パルス幅  $t_p$  は、 $t_{LATCH}$  より充分大きい必要があります。

ゲートトリガパルスは零点を中心に左右ほぼ対称に発生し、パルス幅  $t_p$  は外部抵抗  $R_{syn}$  で変化します。

$V_{RMS} = 100 \text{ V}$  のとき、 $R_{syn} = 20 \text{ k}\Omega$  で  $t_p \approx 150 \mu\text{s}$ ,  $R_{syn} = 56 \text{ k}\Omega$  で  $t_p \approx 200 \mu\text{s}$ ,  $R_{syn} = 100 \text{ k}\Omega$  で  $t_p \approx 300 \mu\text{s}$  程度です (零点を中心に発生するので、トリガに有効な幅はその半です)。  $t_p/2 > t_{LATCH}$  でなければトライアックはオン状態になりません。  $R_{syn}$  を大きくすればパルス幅は広がりますが、非有効分も広がります。端子7-8間にコンデンサ  $C_{syn}$  を接続すると(1,000~20,000 pFで25 V耐圧)パルス幅  $t_p$  が広がると同時に、発生位相が遅れ有効パルス幅が広がります。また、ノイズをある程度吸収する効果もあります。

負荷が軽い場合は、 $t_{LATCH}$  がかなり長くなるので、ゲート感度が高い ( $I_{GT}$  の小さい) トライアックやラッチング電流の小さいトライアックを選ぶ必要があります。

図8  $t_p - C_{syn}$  特性例

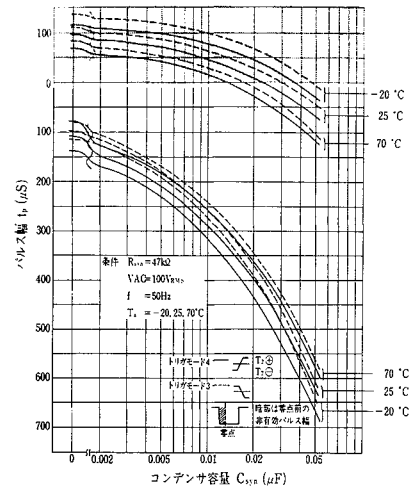


図9  $t_p - C_{syn}$  特性例

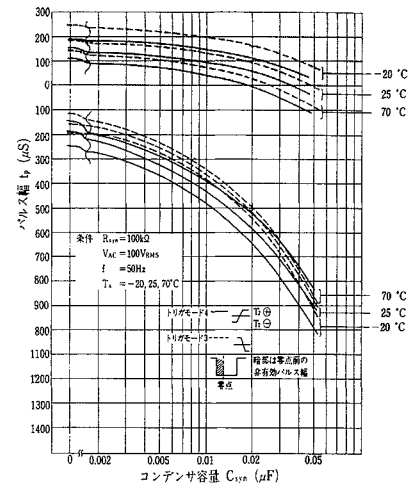


図10  $t_p - C_{syn}$  特性例

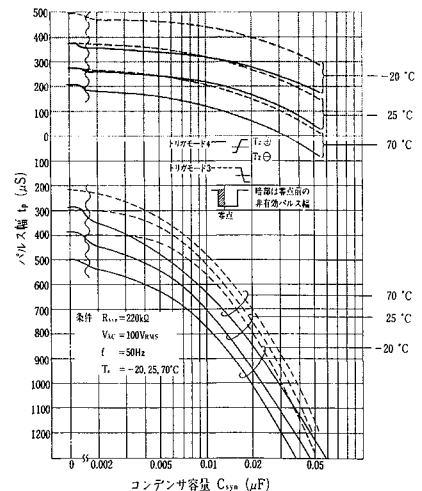


図8～10のZVSの $R_{syn}$ をパラメータとした $t_p-C_{syn}$ 特性例を利用します。

下図のように交流電源の零点を中心に発生するパルス

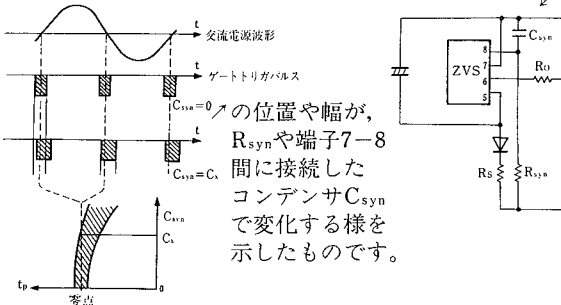
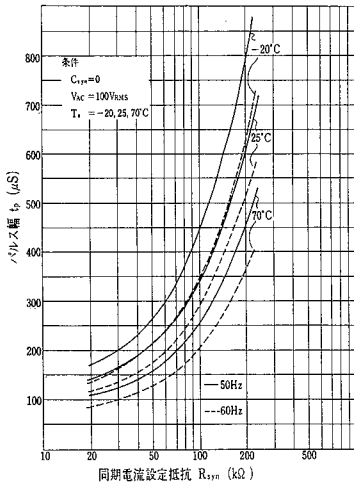


図9  $R_{syn}=100\text{ k}\Omega$ の特性曲線から、 $C_{syn}=0.01\text{ }\mu\text{F}$ を設定すれば、 $t_p$ として有効パルス幅  $300\sim 400\text{ }\mu\text{S}$  非有効分を含め  $600\text{ }\mu\text{S}$  が得られ、これは $t_{LATCH} 140\text{ }\mu\text{S}$ と比較し、十分な広さです。端子7-8間は、 $9\text{ V}$ の定電圧ダイオードをつき合わせてあり、コンデンサの耐圧は $9\text{ V}$ に耐えられれば十分です。

図11 ZVSの $t_p-R_{syn}$ 特性例は、全体のパルス幅を把握するのに利用します。

図11  $t_p-R_{syn}$  特性例



(3) ゲートトリガパルス電流( $I_{GP}$ )の値を $R_o$ により設定します。

トライアックのゲートトリガ電流 $I_{GT}$ (低温時の値)よりも大きいゲートトリガパルス電流( $I_{GP}$ )が流れるように $R_o$ を設定します。ZVS ICの電源電圧( $C$ の充電電圧)を $V_s$ (端子7-5間)、ICの出力端子電圧降下 $V_s-V_o$ を $V_{CE(sat)}$ (端子6-5間)、トライアックのゲートトリガ電圧

を $V_{GT}$ (低温時の値)とすれば、

ゲートトリガパルス電源( $I_{GP}$ )は

$$I_{GP} = \frac{V_s - V_{GT} - V_{CE(sat)}}{R_o} \geq I_{GT} \text{ で表わされます。}$$

ZVSの端子6-5間の電圧降下は、 $1.0\text{ V}$  at  $I_o=40\text{ mA}$  としましたが、その他の電流の場合は、

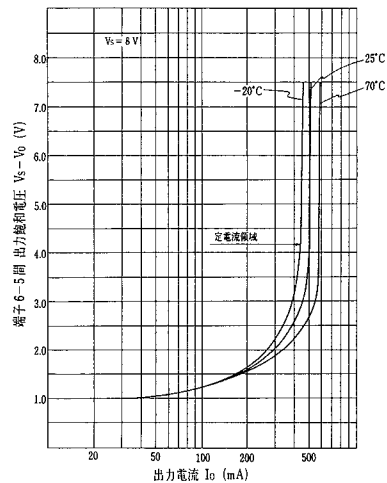
図12の ZVSの $(V_s-V_o)-I_o$  特性例を利用します。

トライアックの $V_{GT}$ は $1.5\text{ V}$ (at  $T_A=-20\text{ }^\circ\text{C}$ )を使用します。 $V_{GT}$ の値として、実力以上の大きい数値を使用するのは、ICの直流電源の設定をするときに誤差になり、好ましくありません。

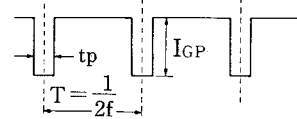
ゲートトリガパルス電流  $I_{GP}$ として、 $25\text{ mA}$ 以上流すようにします。

$$R_o = \frac{(8.5 - 1.5 - 1)\text{ V}}{25\text{ mA}} \leq 240\Omega$$

図12  $(V_s-V_o)-I_o$  特性例 ( $V_{CE(sat)}$ )



(4) ゲートトリガパルス電流( $I_{GP}$ )の平均値を計算します。



$$\begin{aligned} \text{平均値 } I_{G(AV)} &= I_{GP} \cdot t_p \cdot /T \\ &= 2 \cdot I_{GP} \cdot t_p \cdot f \end{aligned} \text{ で表わされます。}$$

$f=50\text{ Hz}$ ,  $I_{GP}=25\text{ mA}$   $t_p=600\text{ }\mu\text{s}$ (最大)を設定したので、

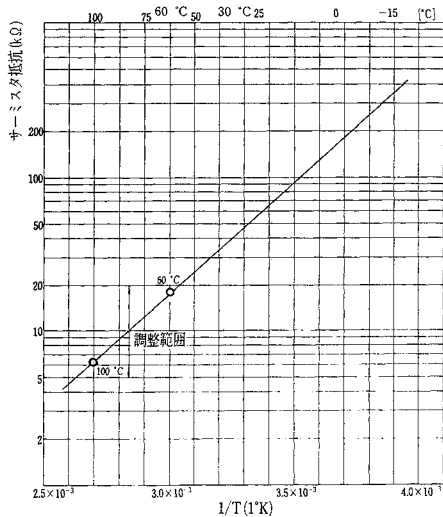
$$I_{G(AV)} = 2 \times 25 \times 600 \times 10^{-6} \times 50 = 1.5\text{ (mA)}$$

以上の結果、 $100\text{ W}$ の負荷をトライアックでオンオフ制御するためゲートトリガパルス電流として平均 $1.5\text{ mA}$ 必要なことがわかりました。

(5) 温度検出ブリッジの抵抗を設定します。

サーミスタの温度特性は図13のように  $I/T-R$  でほぼ直線で示されます。

図13 サーミスタの特性例



サーミスタ抵抗は、20 k ~ 5 k まで変化すると仮定し、 $R_3$ を10 kΩ に設定すれば、その比は  $10 \text{ k}\Omega / 30 \text{ k}\Omega \sim 10 \text{ k}\Omega / 15 \text{ k}\Omega$  まで変化します。  
(0.33) (0.67)

したがって VR 零のとき  $R_2/(R_1+R_2)$  が 0.67  
VR 最大のとき  $R_2/(R_1+R_2+VR)$  0.33  
になるように設定します。仮に、15 kΩ のVRがあれば  $VR=15 \text{ k}\Omega, R_1=5 \text{ k}\Omega, R_2=10 \text{ k}\Omega$  で上記の比が得られます。

ゼロボルトスイッチのコンパレータの同相入力範囲が、 $0 \sim V_S - 1.5 \text{ V}$  ですので、サーミスタ抵抗の最小値を  $R_{THMIN.}$  とすれば、図7の回路で、 $R_3/(R_3+R_{THMIN.})$  が 0.8より大きくなるような  $R_3$  は設定できません。

$R_{THMIN.}$  が小さく  $R_3$  も小さくしなければならない場合は、その回路に流れる電流が大きくなって、ZVS ICの直流電源を設定するときに負担になりますので、図7の  $R_2$  の位置にサーミスタを接続してブリッジのバランスをとるようにします。この場合は制御温度精度のゆるす範囲で直列抵抗を大きくできます。(例えば 500 Ω のサーミスタに、10 kΩ を接続しても、動作させることができます)

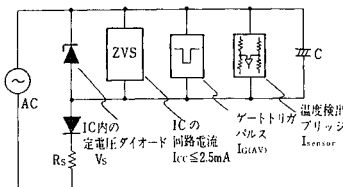
(6) 温度検出ブリッジを流れる電流の最大値を計算します。

$$I_{\text{sensor}} = V_{S\text{MAX.}}/(R_{THMIN.}+R_3)+V_{S\text{MAX.}}/(R_1+R_2)$$

$V_{S\text{MAX.}}=9 \text{ V}, R_{THMIN.}=5 \text{ k}\Omega, R_3=10 \text{ k}\Omega, R_1=5 \text{ k}\Omega, R_2=10 \text{ k}\Omega$  を設定したので、 $I_{\text{sensor}}=1.2 \text{ mA}$   
他のセンサを使用した場合も流れる電流を正確に把握しておきます。

(7) ZVS ICの直流電源を作るための直列抵抗  $R_S$  設定します。

直列抵抗  $R_S$  は、ZVS ICの回路電流  $I_{CC} \leq 2.5 \text{ mA}$  と、ゲートトリガパルス電流平均値  $I_{G(AV)}$ 、温度検出ブリッジを流れる電流  $I_{\text{sensor}}$  の和を半波整流した交流電源から供給できるように設定します。



交流電源を半波整流して得られる平均直流電圧は交流実効値の45%です

$$V_{DC(AV)} = 0.45 V_{rms}$$

したがって流れる電流は、 $I = \frac{0.45V_{rms} - V_S}{R_S}$  となります。  
 $I \leq I_S + I_{G(AV)} + I_{\text{sensor}}$  でなければコンデンサCには安定な直流電源は得られません。

交流電源電圧の最小値は、 $85 V_{rms} \quad V_{S\text{MAX.}}=9 \text{ V}$   
 $I_S=2.5 \text{ mA}, I_{G(AV)}=1.5 \text{ mA}, I_{\text{sensor}}=1.2 \text{ mA}$  なので  
$$R_S \leq \frac{0.45V_{rms\text{MIN.}} - V_{S\text{MAX.}}}{I_S + I_{G(AV)} + I_{\text{sensor}}} = \frac{38.25 - 9}{2.5 + 1.5 + 1.2} = 5.63 \text{ [k}\Omega]$$
  
 $R_S$  として 5.1 kΩ を使用することにします。

$R_S$  の消費電力  $P_S$  は

$$P_S = \frac{(V_{rms\text{MAX.}} - 8.5)^2}{2 R_S} = 1.11 \text{ [W]}$$

したがって、2 W のものが必ず必要です

このように、ICの回路電流を固定すると、 $R_S$  の値は、ゲートトリガパルス電流の平均値  $I_{G(AV)}$ 、温度検出ブリッジの電流  $I_{\text{sensor}}$  により決まります。消費電力を小さくし発熱を押える意味でも  $I_{G(AV)}, I_{\text{sensor}}$  は必要十分な最小値にするのが好ましいといえます。

整流ダイオードは、使用される交流電源電圧にあったものが必ず必要です。例えば 100 V では最低 200 V 以上の耐圧が必要です。流れる電流は小さく電流定格をあまり気にする必要はありません。

(8) コンデンサCを選定します（耐圧は9 V以上  
例えば16 Vを使用）

一般に、100  $\mu\text{F}$ 以上が必要です。220  $\mu\text{F}$ あれば通常の  
使用ではほとんど問題ないと思われませんが、得られた  
直流のリプル等を検討して決めます。図14, 15は得ら  
れる電圧の例です。

図14 充電電圧－回路電流特性例

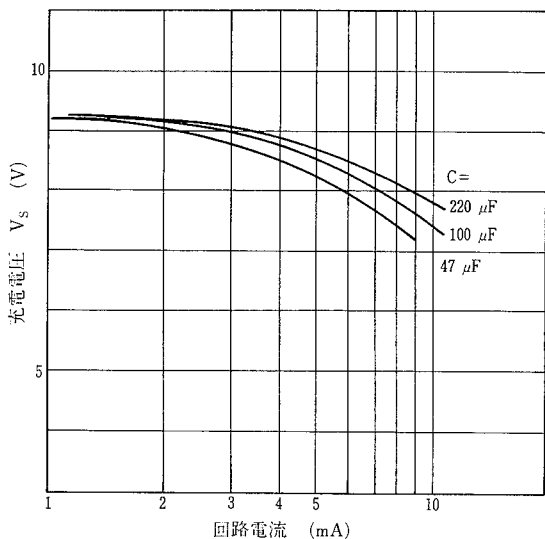


図15 リプル電圧－回路電流特性例

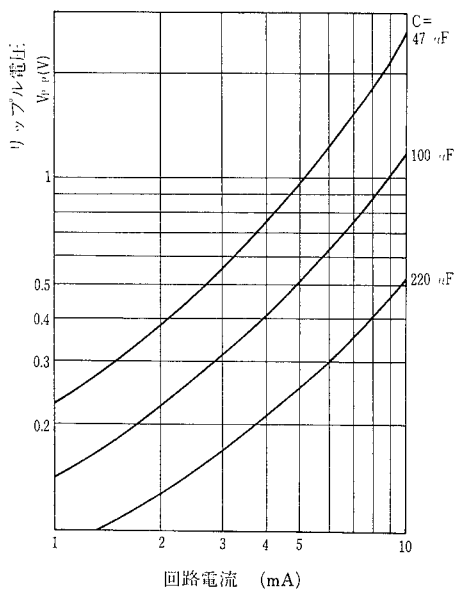
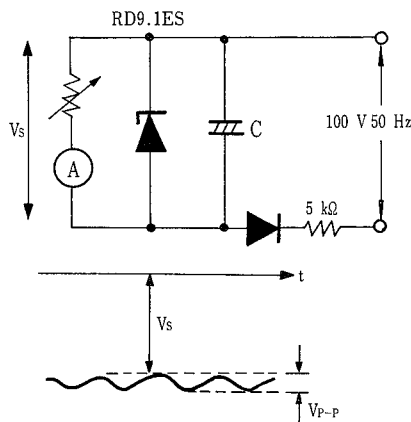


図14, 図15は下記条件で測定



$$I = \frac{45 - 9}{5 \text{ k}\Omega} = 7.2 \text{ mA 流せる条件です。}$$

$R_s = 5.1 \text{ k}\Omega$   $C = 220 \mu\text{F}$  を設定すると回路電流は  
和が  $2.5 + 1.5 + 1.2 = 5.2 \text{ mA}$  であり  
 $V_s = 8.5 \text{ V}$  リプル  $0.3 \text{ V}$  が得られます。  
実際は、トリガパルス電流による急な電圧低下  $\Delta V$  が  
$$\Delta V = \frac{I_{GP} \cdot t_p}{C} = \frac{20 \text{ mA} \times 700 \mu\text{s}}{220 \mu\text{F}} = 0.065 \text{ V}$$
 あり、リッ  
プルはこれを含んで  $0.3 \text{ V}$  程度あるいは、ZVS ICの  
回路電流が規格よりも小さいのもう少し小さい値に  
なります。

(9) その他補足説明

交流 200 V 電源で使用するときには、 $R_s$   $R_{syn}$ とも2倍  
の抵抗値が目安になります。 $D_1$ の耐圧は200 V電源の整  
流が可能な値が必要です。

図7で示した回路は、端子7-5間を抵抗分割してコンパ  
レータの反転入力へ接続していますが、1番端子の基準  
電圧を直接接続して利用することもできます。ただし、  
温度特性が大きいのので高い精度を必要とする制御回路用  
には適しません。

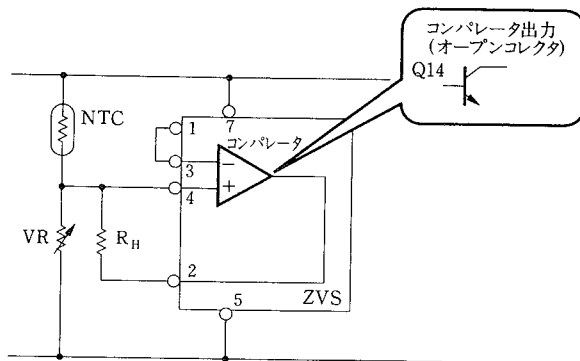
トリガパルス幅の交流電源電圧依存性は交流電源電圧  
が低下すると広がり負荷電流が減少してトライアックが  
ラッチしにくくなるのを補償します。

トリガパルス幅の温度依存性も低温で広がり同様にト  
ライアックのラッチング電流の増加を補償します。

$f = 60 \text{ Hz}$  では、パルス幅はやや狭くなりますが、同じ  
パルス幅での負荷電流は大きくなっており問題にする必  
要はありません。

ヒステリシス幅設定抵抗  $R_H$  は、図16に示すようにコンパレータの出力端子2（オープンコレクタ）に接続されています。サーミスタNTCの抵抗が大きい低温のときは、コンパレータの入力端子4の電位が端子3の電位より低く（端子5を基準とし）、コンパレータ出力（IC端子2、Q14のコレクタ）はロウレベルで、 $R_H$ とVRは並列接続されます。温度が上昇してコンパレータの入力端子4の電位が端子3の電位より高くなると（端子5を基準とし）コンパレータ出力（IC端子2、Q14のコレクタ）はHレベルで、 $R_H$ とVRの並列接続は解除されます。このように、入力端子4の電位は $R_H$ の並列接続がない分だけ高くなり、ヒステリシスが与えられます。

図16 ヒステリシス幅設定回路

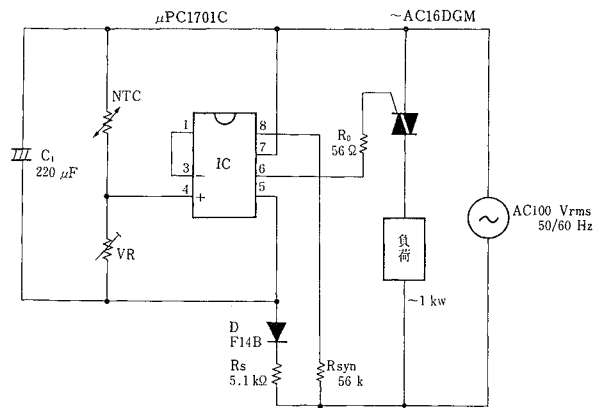


なお、コンパレータは、PNPトランジスタ入力で構成されており、入力バイアス電流は流出する方向です。また、ゲート・トリガパルス出力端子6もオープンコレクタであり、コンパレータ出力がロウレベルのとき、端子6は零電圧点でトライアックをトリガします。

## 5. 応用例

### 5-1. ゼロボルトオンオフ制御応用

#### 1. 基本応用回路 (1)

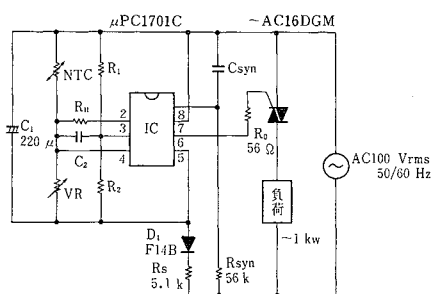


オンオフ温度制御回路

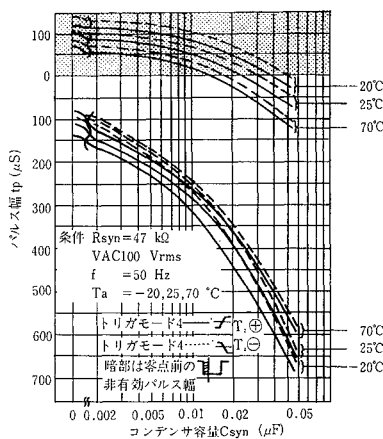
注)

- 交流電源をRs, Dで半波整流しC<sub>1</sub>に充電してICの動作に必要な直流電源を形成します。
- 直流電源電圧は、内部の定電圧ダイオードにより約8.5 Vになります。
- R<sub>syn</sub>により交流電流をICに流して、交流電源零点を検出します。R<sub>syn</sub>は、20 kΩ ~ 300 kΩ に設定でき、大きくすると出力パルス幅も広がります。
- ICの3, 4番端子は比較器の入力で、3番端子には基準電圧を、4番端子には温度により変化する電圧を印加し制御しています。
- 交流電圧が200 Vの場合は、Rs, R<sub>syn</sub> 共約2倍にします。
- この回路は基準電圧が周囲温度により変化するの制御精度は、あまり良くありません。

#### 2. 基本応用回路 (2)



オンオフ温度制御回路

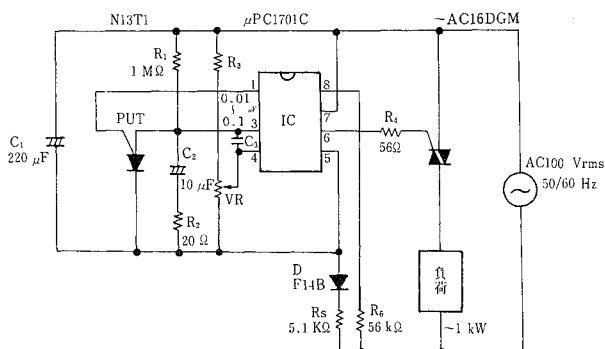


tp-Csyn特性例

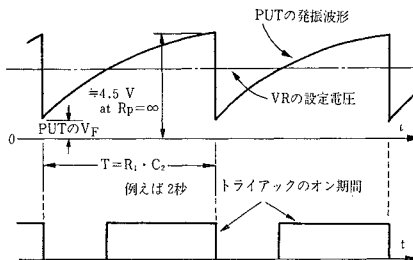
注)

- 温度検出をR<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, NTC, VRによる抵抗ブリッジにしたものです。
- R<sub>syn</sub>によりパルス幅を調整できますが、C<sub>syn</sub>によっても左図のように調整できます。
- R<sub>H</sub>はヒステリシス幅設定用で、トライアックトリガ時だけVRに並列接続されます。
- C<sub>1</sub>はノイズ吸収用です。

#### 3. 時間比例制御 (1)



電子スライダック

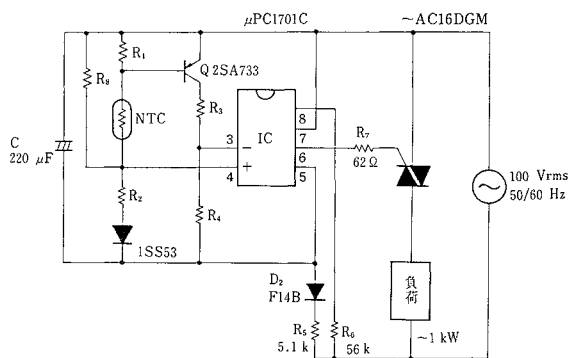


注)

- PNTにより上図のような弛張発振を行ない、その電圧波形とVRの設定電圧を比較します。
- 設定された周期Tの中でオンオフの比率が変化します。



#### 4. センサの断線検出方法 (1)

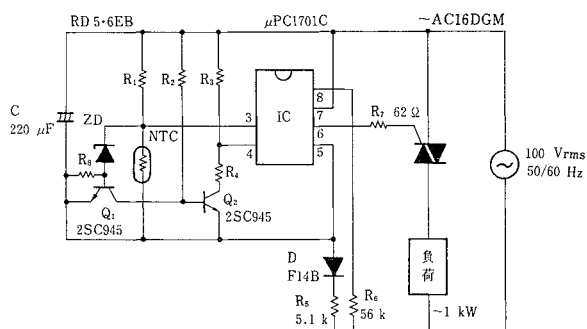


ゼロボルトヒータコントロール回路

注)

- 図でNTC (負温度係数サーミスタ) が低温で高抵抗のとき、非反転入力電圧 < 反転入力電圧で、トライアックトリガパルスが出力され、加熱します。
- NTCが断線すると、高抵抗の低温状態と等価であるためトリガパルスを出し続け、異常過熱するので断線検出が必要です。
- NTCが断線すると、Qのベース電流が零になり、端子3, 4から流出する入力バイアス電流によってR<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>に電圧降下を生じます。D<sub>1</sub>(1SS53)のV<sub>F</sub>のため、非反転入力電圧 > 反転入力電圧となって動作を停止します。
- 正常動作時は、D<sub>1</sub>はQのV<sub>BE</sub>の温度補償を行いません。
- R<sub>1</sub>の値は、低温時NTCが高抵抗になったときにもQがバイアスされるような値に設定します。

#### 5. センサの断線検出方法 (2)

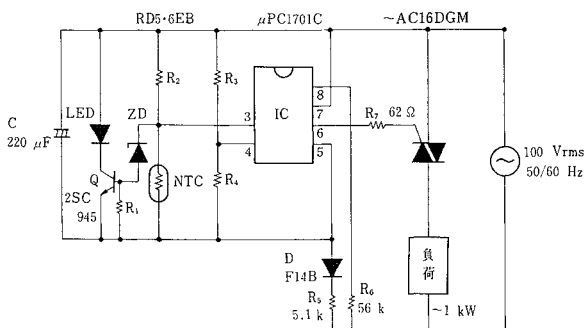


ゼロボルトヒータコントロール回路  
低抵抗サーミスタ用

注)

- サーミスタ (NTC) の抵抗が低い場合は、ICの同相入力電圧範囲の規格が0~6.5 Vのため、図のように5番端子にNTCを接続して設計します。
- R<sub>2</sub>はQ<sub>2</sub>が十分飽和する値に設定しますが、この回路はQ<sub>2</sub>のコレクタ飽和電圧の温度特性の (+0.1 mV程度) の影響があります。
- NTCが断線すると、ZDを通じてQ<sub>1</sub>のベース電流が流れQ<sub>1</sub>オン、Q<sub>2</sub>オフとなって動作を停止します。
- ZDのツェナー電圧とQ<sub>1</sub>のV<sub>BE</sub>の和は6.5 V以下になるように設計します。
- 低温時にNTCが高抵抗になりますが、R<sub>1</sub>との接続点電圧がZDのツェナー電圧以上にならないようにR<sub>1</sub>を設定します。

#### 6. センサの断線検出方法 (3)

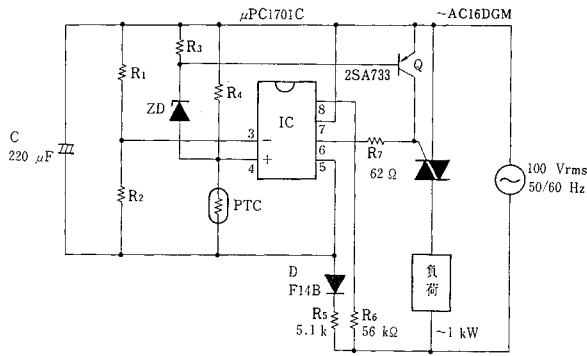


ゼロボルトヒータコントロール回路  
低抵抗サーミスタ用

注)

- 低抵抗サーミスタ用の断線検出回路の他の例です。
- NTCが断線するとR<sub>2</sub>, ZDを通じてQのベース電流が、流れるのでQは、動作抵抗がR<sub>2</sub>/h<sub>FE</sub>の定電圧ダイオードとして動作し電圧を低下させます。
- ICは電源電圧が低下すると中部の低電圧検出回路が動作して、トリガパルスの発生を禁止します。
- LEDは表示可能なことを示したもので特別なものではありません。
- ZDのツェナー電圧とQのV<sub>BE</sub>の和が6 V以下になるように設定します。
- この回路は、NTC断線時は直接電源電圧は通常の値は得られませんので注意が必要です。

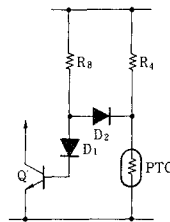
### 7. センサの断線検出方法 (4)



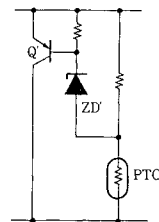
ゼロボルトヒータコントロール回路  
(PTCサーミスタ用)

注)

- 温度センサがPTC (正温度係数サーミスタ) の場合は短絡不良が低温の場合と等価で、過熱防止のため短絡検出回路が必要です。
- PTCが短絡すると、Qのベースエミッタ、ZDを通じて電流が流れ、トリガパルスはQでバイパスされ動作を停止します。



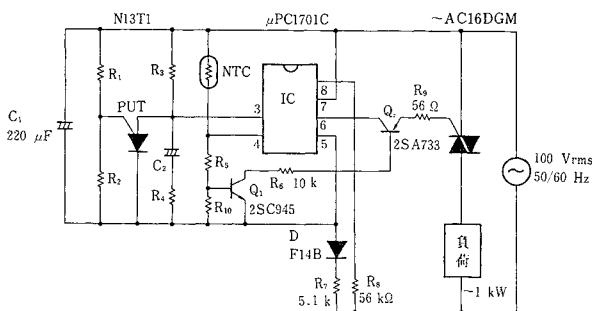
•他の方法の例  
PTCの短絡によりベース電流がD<sub>2</sub>にバイパスしQがオン→オフに変化する事を利用する方法



•他の方法の例  
PTCの短絡により電源をZD+V<sub>BEQ</sub>でクリップしゼロボルトスイッチの低電圧検出回路を動作させる方法

PTC

### 8. センサの断線検出方法 (5)

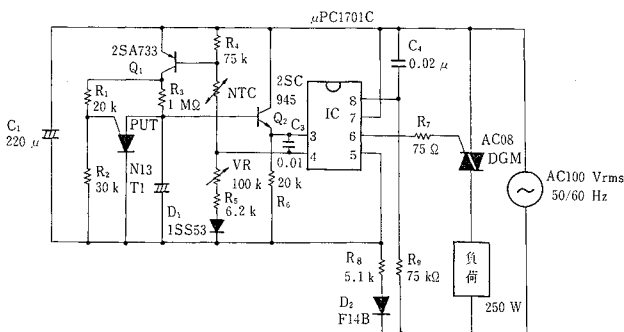


時間比例温度制御回路

注)

- NTCの一端を交流電源ラインに直接接続できる回路例です。時間比例制御回路と組み合わせた例を示しましたが、通常のオンオフ制御にも使用できます。
- 断線によりNTCを含む回路の電流が零になるのでQはオフしQ<sub>2</sub>もオフします。
- R<sub>6</sub>を流れる電流で、トライアックがトリガしないような値にR<sub>6</sub>を設定します。
- R<sub>1</sub>/(R<sub>1</sub>+R<sub>2</sub>)は0.2以上に、(R<sub>1</sub>+R<sub>2</sub>)は20 kΩ以上に設定します。
- PUTの充放電周期はR<sub>3</sub>とC<sub>2</sub>で設定しますが R<sub>3</sub>は100 k~1 MΩ程度にしますのでC<sub>2</sub>で調整します。

### 9. センサの断線検出方法 (6)

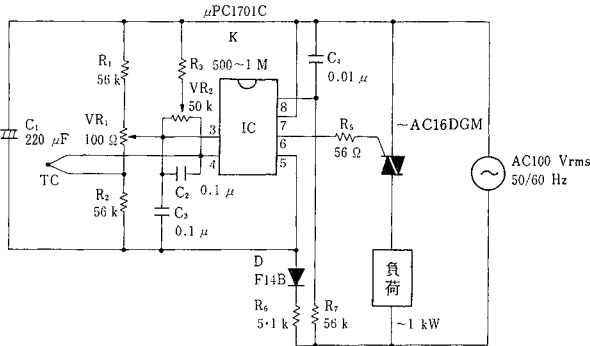


時間比例温度制御回路

注)

- 時間比例温度制御回路にセンサの断線検出を組み合わせた他の例です。
- NTCが断線するとQ<sub>1</sub>がオフし、PUTはゲートバイアスが零になるのでC<sub>2</sub>の電荷を放電した後オフします。
- ICの端子3, 4から流出する入力バイアス電流で非反転入力電圧>反転入力電圧となって動作を停止します。
- Q<sub>2</sub>は入力バイアス電流によりC<sub>2</sub>が充電されるのを防止するのが主目的です。

### 10. 熱電対を使用する温度制御 (1)

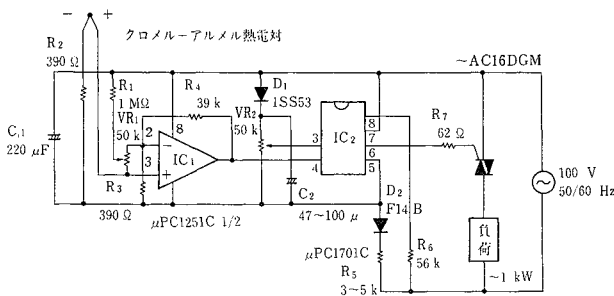


熱電対を直接接続した温度制御回路

注)

- 熱電対はクロメルコンスタン等の熱起電力の大きいものが有利です。
- 温度補償を行っていないので周囲温度の影響を受けます。
- ICの比較器の入力オフセット電圧によっても制御温度が変化するので、かなり大ざっぱな温度制御になります。
- クロメル-アルメル (約4 mV/100 °C) を使用した場合に、入力オフセット電圧1 mV当り約30 °Cの制御温度差を生じます。
- R<sub>3</sub>, VR<sub>2</sub>は入力オフセット電圧調整用, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> はノイズ吸収用です。

### 11. 熱電対を使用する温度制御 (2)

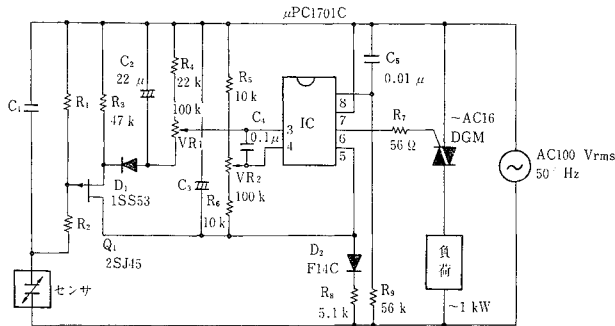


ゼロボルトヒータコントロール回路

注)

- 単電源動作可能なオペアンプμPC1251Cにより、クロメル-アルメルの熱起電力0.04 mV/°Cを100倍しています。
- ICの比較器の一方の入力 (反転入力) ~は、電源電圧のリップルをD<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>により小さくし、VR<sub>2</sub>で分割して入力します。
- 周囲温度変化に対する補償は行っていません。
- オペアンプも微小直流信号増幅用として設計されたものではありませんので、ドリフト等にやや難があります。

### 12. 感熱線を使用する温度制御 (1)

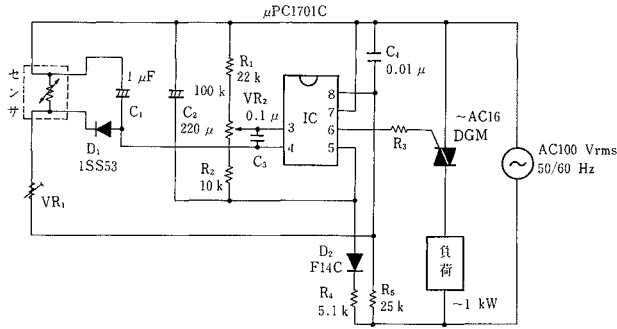


電気カーペット温度制御回路(1)

注)

- 電気カーペット等の大面積面状発熱体用の温度制御回路です。
- 感熱線は2本の導体間にナイロン等の有機物感熱体を介在した線状のセンサで発熱面に均一に配置して使用します。
- 図は静電容量が変化 (低温時に小, 高温時に大) する感熱線を使用した例です。
- C<sub>1</sub>の分担電圧を, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>で分割してFETQ<sub>1</sub>のゲートに与えます。
- Q<sub>1</sub>のソース出力直流電圧も低温時に小, 高温時に大となり, VR<sub>2</sub>で設定された制御電圧と比較してオンオフ制御を行います。

### 13. 感熱線を使用する温度制御 (2)

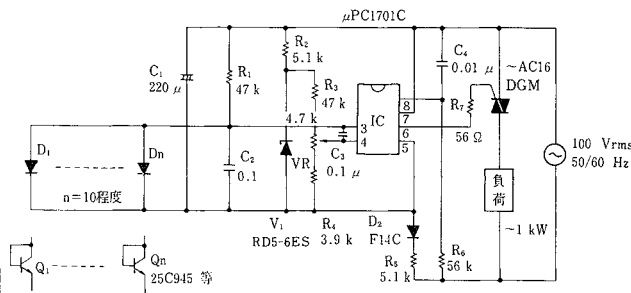


電気カーペット温度制御回路(2)

注)

- 感熱線として抵抗値が変化(低温時に大、高温時に小)するタイプを使用した例です。
- ICの端子7-8間は、約8.5Vの定電圧ダイオードをつき合わせた形で内蔵してあるので、センサの抵抗と、VR<sub>1</sub>の抵抗で分割された電圧をDで整流しC<sub>1</sub>に充電して得られる直流電圧も低温時に大きく、高温時に小さくなります。
- 実際の製品に応用する場合は、12, 13の回路共センサの断線、短絡時、トライアック故障時の保護回路を追加しフェイルセーフの機能を付加する必要があります。

### 14. ダイオードを使用する温度制御

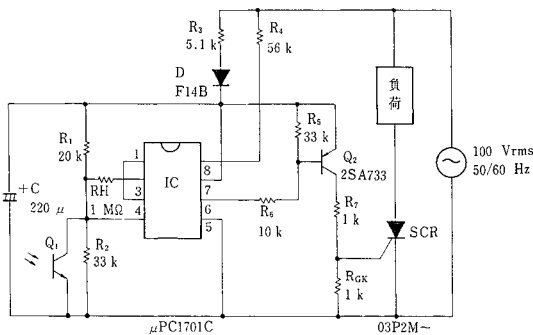


面状発熱体温度制御回路

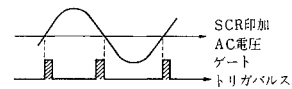
注)

- 面状発熱体の温度制御にダイオードを使用した例です。
- 並列接続した複数のダイオードの順電圧温度係数は約 -2 mV/°Cであり、一部のダイオードの温度が低い場合も、高温になっているダイオードのV<sub>F</sub>の影響を強く受けて、全体として平均温度を検出します。
- ICの一方の入力端子4には、温度係数が最も小さくなるような定電圧ダイオード(一般にV<sub>Z</sub>=5-6V)を使用して基準電圧を入力します。
- 使用するダイオードの順電圧のばらつきが大きいと設定温度誤差も大きくなるので注意が必要です。

### 15. SCRをトリガする制御回路 (1)



ゼロボルト半波オンオフ制御回路

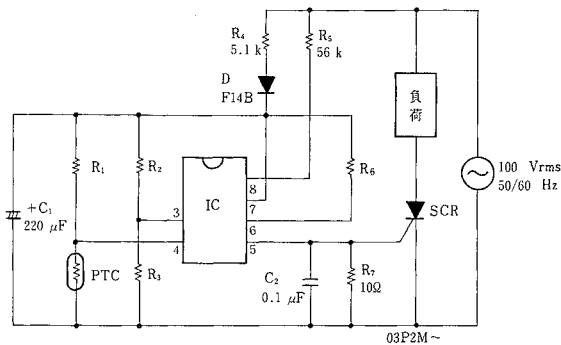


電源波形とトリガパルスの位相

注)

- ICの端子5を交流電源に接続して使用できる、SCRトリガ用の回路です。Q<sub>1</sub>はホトトランジスタで、光スイッチとして動作します。
- ICのゲートトリガパルスによりQ<sub>2</sub>をオンしSCRをトリガします。大電流SCRでI<sub>CT</sub>が大きいときはR<sub>7</sub>を小さくします。
- 交流電源の零点検出は、R<sub>4</sub>で行なっていますが、端子8の電位が8-9Vシフトしているため、ゲートトリガパルスは上図のようにSCRのアノードに正の電圧が印加される半サイクル内に大部が含まれます。

### 16. SCRをトリガする制御回路(2)

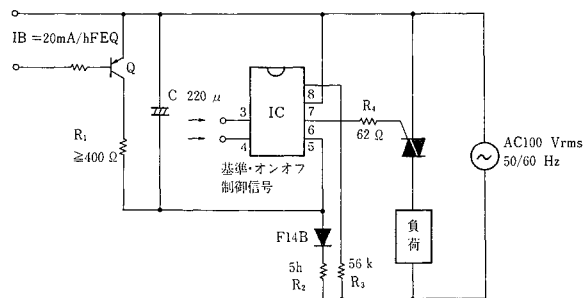


ゼロボルト半波ヒータコントロール回路

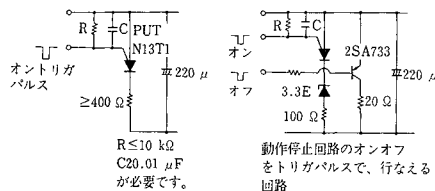
注)

- 15の回路と基本構成は同じですが、トランジスタ $Q_2$ を省略してあります。
- 交流電源から $R_4, R_5$ を通じてICに流入した後、端子5へ流出する電流を $R_7$ へバイパスします。
- 必要なトリガ電流は、 $R_6$ を通じて大電流を端子5に出力し $R_7$ の電圧降下をSCRの $V_{GT}$ 以上に行ないます。
- $C_2$ は交流電源に含まれるサージ電圧等による、誤動作原因になる電流バイパス用であり、ラインにMOV等を入れておくことも必要です。

### 17. ICの動作を禁止する回路



動作禁止回路

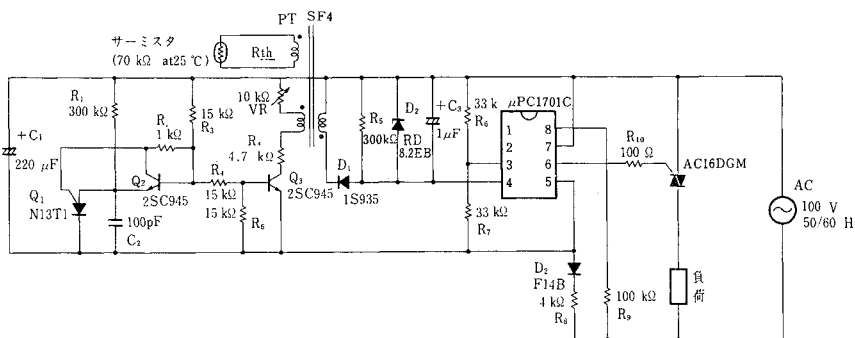


動作停止回路

注)

- ICは回路電圧が約7V以下では動作しないように設計されています。
- トランジスタQをオンし、20mA程度の電流を流すようにすると回路電圧が下がり動作を停止します。
- Qに常に動作停止信号を与えられたいときは、上図のようにPUTを使用しパルスでオンするようにします。

### 18. センサを絶縁した温度制御回路



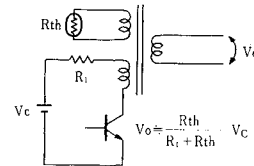
ゼロボルトヒータコントロール回路

注)

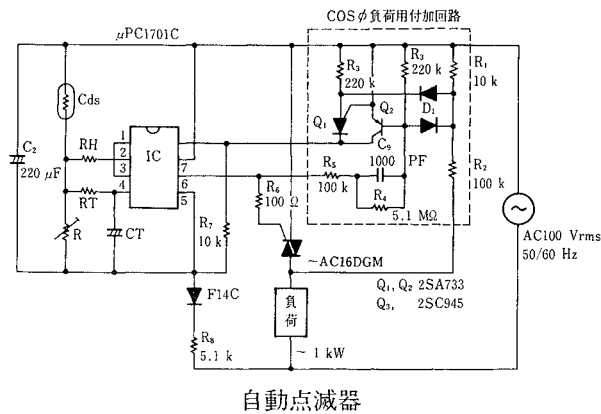
- センサをパルストランスを用いて回路から絶縁した回路例です。
- パルストランスの励磁電流を無視した二次出力電圧の式と回路を右図に示します。つまり二次出力電圧

スイッチング回路の出力電圧

- は、センサの抵抗と、パルストランスの一次側の抵抗比で決まります。
- ICの比較器入力が、 $1/2V_s$ に設定されているので、センサ抵抗とパルストランスの一次側抵抗( $R_4 + VR$ )がほぼ等しい値でオンあるいはオフになります。



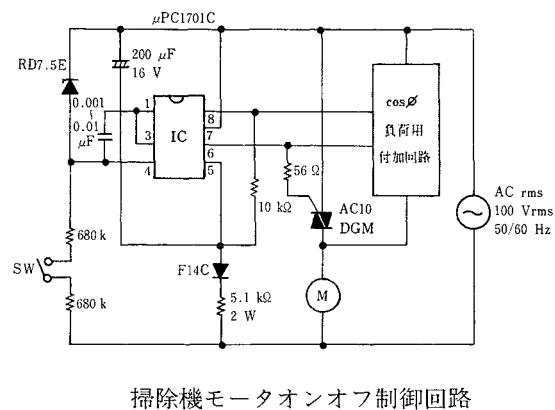
### 19. 誘導性,容量性負荷制御(1)



注)

- $\mu$ PC1701Cは交流電源の零点を検出するゼロボルトスイッチとして設計されているので、そのままでは電源電圧と負荷電流位相のずれる誘導性容量性負荷には使用できません。
- トライアックのオンオフを $Q_1, Q_2$ で検出します。トライアックオン時は、 $Q_1, Q_2$ 共にオフで、端子8は、 $R_7$ を通じて端子5に接続され非零点となっています。
- トライアックをオフすると、交流電源の極性により $Q_1, Q_2$ のいずれかがオンし端子8を端子7と同電位にし、零点信号が与えられます。
- $R_5, C_1, R_4$ は、トライアックトリガパルスを、トライアックオン後も、ある期間継続させるものです。
- 負荷が白熱電球の場合は、COS $\phi$ 負荷用付加回路は不要です。
- 光量検出素子 $C_{ds}$ は光が照射されているときは低抵抗で、周囲が暗くなると高抵抗になって、トライアックトリガパルスを発生するようにICの入力をバイアスします。
- $R_T, C_T$ は動作に遅れを持たせるため、 $R_H$ はヒステリシス幅設定用です。

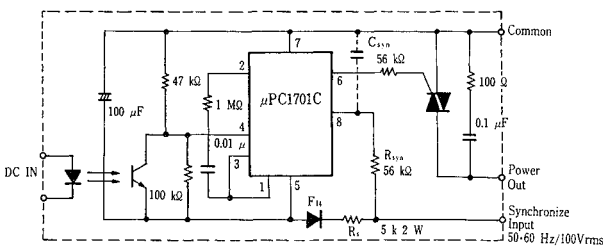
### 20. 誘導性,容量性負荷制御(2)



注)

- リモコンスイッチSWに流れる電流は100  $\mu$ Arms以下でオンオフ制御できます。
- SW開のときは、端子4から入力バイアス電流が流出しないので端子4はハイレベルと等価で、トライアックトリガパルスは発生しません。

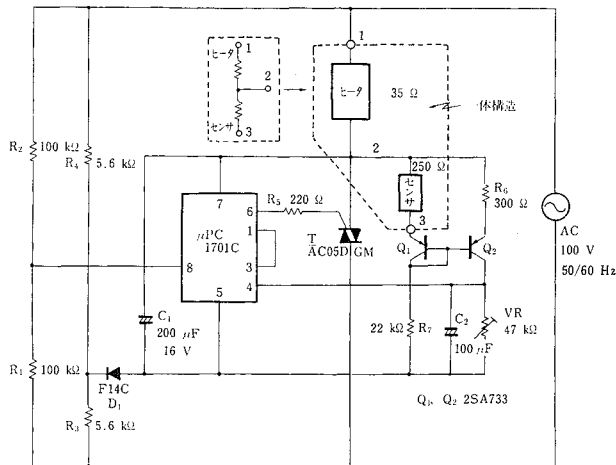
### 21. ソリッドステートリレー



注) ソリッドステートリレーへの応用例です。

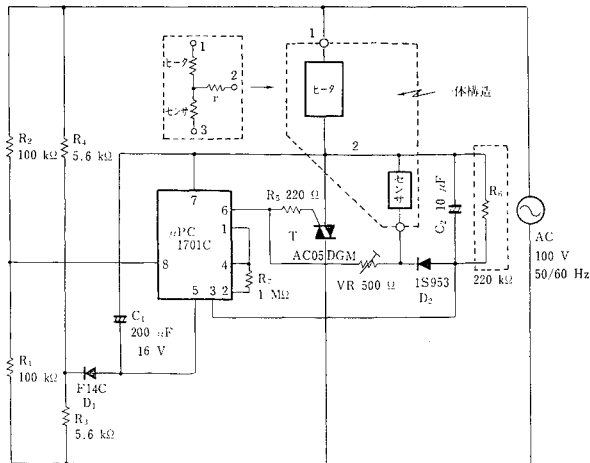
- ZVSの直流電源と零点検出用の端子が必要で、3線式になりますが、コンパレータでヒステリシス幅を設定できるので、ホトカプラの発光ダイオードの光量がアナログ的に変化してもオンオフ動作がスムーズです。

### 22. 3線式温度制御回路(A)



注) 配線が3本ですむ、3線式温度制御回路で、温度センサが正の温度係数を持つ場合の回路例です。負荷ヒータと温度センサは一体構造になっており、図中に示す等価回路になっています。次に動作の基本的考え方を説明します。まず、 $\mu\text{PC1701C}$ を使用する温度制御回路で、負荷ヒータと温度センサの接続点を共通のラインに接続するために、負荷ヒータは、トライアック (T) の  $T_1$  端子側になります。そしてトライアックオフ時は、負荷ヒータ、コンデンサ  $C_1$ 、ダイオード  $D_1$ 、抵抗  $R_3$  を通して半波電流が流れ、 $C_1$  が充電され  $\mu\text{PC1701C}$  の動作に必要な直流電源が作られます。負荷ヒータを加熱する時、すなわちトライアックオン時は、トライアック、コンデンサ  $C_1$ 、ダイオード  $D_1$ 、抵抗  $R_4$  を通して半波電流が流れて  $C_1$  が充電され、同様に直流電源が作られます。したがって負荷ヒータの抵抗は、抵抗  $R_3$  の抵抗値より十分小さいことが必要です。このようにトライアックのオンオフに無関係に、常に  $\mu\text{PC1701C}$  の動作に必要な直流電源が得られることが基本になっています。また、この回路例は温度センサの抵抗値が小さい目の場合の構成例であり、負荷ヒータの温度が低く、温度センサの抵抗も低いときは、 $Q_2$  のコレクタ電流が小さく VR の電圧降下も小で  $\mu\text{PC1701C}$  の4ピン入力が小のためトライアックトリガ動作になります。温度上昇により温度センサの抵抗値が増加すると、 $Q_2$  のコレクタ電流も増加し、VR の電圧降下も大きくなって、トリガを停止します。温度センサの抵抗が数  $k\Omega$  以上であれば、VR との直接比較で  $\mu\text{PC1701C}$  に入力できます。

### 23. 3線式温度制御回路(B)

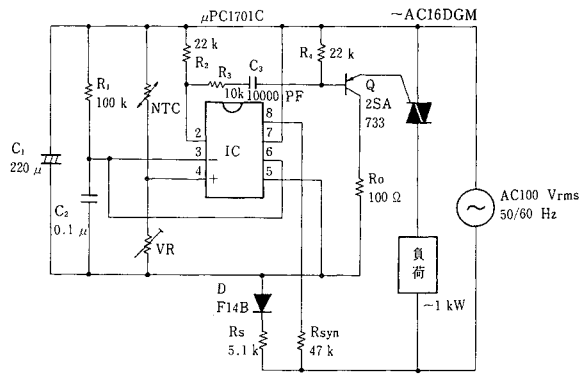


注) 配線が3本ですむ、3線式温度制御回路です。22では、負荷ヒータと温度センサの一端を共通化した場合、22中に示す、等価回路の端子2とヒータ、センサの接続点間にはいくらかの抵抗があります。そして負荷電流はこの抵抗を通して流れますので、その抵抗値あるいは負荷電流が大きくなりすぎると、その電圧降下により正常な温度制御を行えなくなります。23はそれを改善した回路例です。

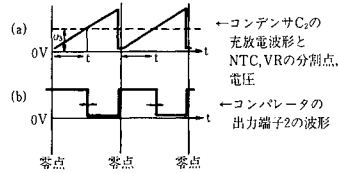
23も、22同様正の温度係数を持つ温度センサを使用しています。22で問題となった等価回路の端子2とヒータ、センサ接続点間の抵抗  $r$  による影響を小さくするため、トライアックのゲートトリガパルスを、温度センサと VR の直列回路に印加し、温度センサの電圧降下をコンデンサ  $C_2$  に充電して温度検出信号としています。トライアックのゲートトリガパルスは、交流電源の零点で出力されており、負荷電流は、きわめて小さい状態です。検出結果に、前記抵抗  $r$  に負荷電流が流れることによる影響は無視できます。なお、 $C_2$  に並列接続した抵抗  $R_6$  との放電時定数は、負荷ヒータの熱時定数との関連で適当な値に設定します。

## 2. 位相制御応用

### 1. 基本応用回路



位相制御温調回路

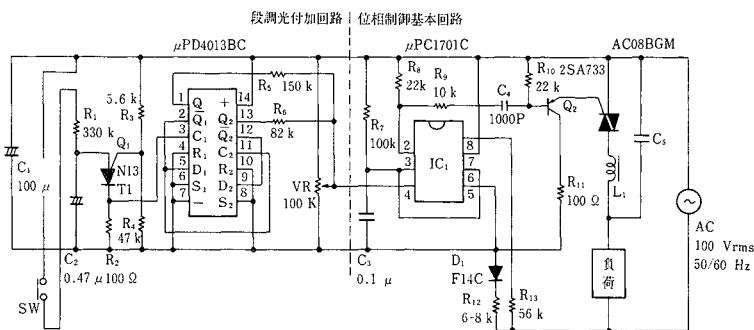


ZVS動作波形

注)

- $C_2$ は、 $R_2$ を通じ充電され、上図のようにNTCとVRで分割された電位 $V_3$ より大きくなると、比較器出力がロウになります。
- 比較器出力がロウになると、次の零点で $C_2$ は端子6のロウによりリセットされ鋸歯状波が得られます。
- 比較器出力端子2のロウ変化を $R_3$ 、 $C_3$ の微分回路を通じてQを駆動しトライアックをトリガします。

### 2. 調光回路への応用



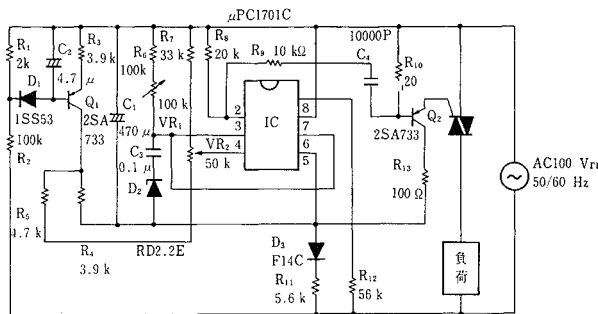
白熱電球4段階調光回路

注)

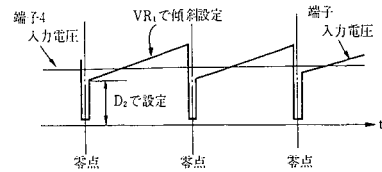
- SWを押すと約0.5秒の周期で電球の明るさが4段階変化を続け、任意の明るさでSWを開けば、その明るさで以後継続して点灯します。
- 破線の右側が段階調光付加回路で、 $\mu$ PD4013BCはD-TYPE FLIP-FLOPが2個入ったCMOS ICです。これを2段直列接続し、得られる出力条件00, 01, 10, 11の4条件によって、 $\mu$ PC1701Cの比較器入力電圧を4段階に変化します。
- $Q_1$ は $IC_2$ にクロックパルスを与えており、 $C_2$ あるいは $R_1$ を調整し明るさの変化する周期を調整できます。



### 3. 定電圧回路への応用



簡易定電圧制御回路

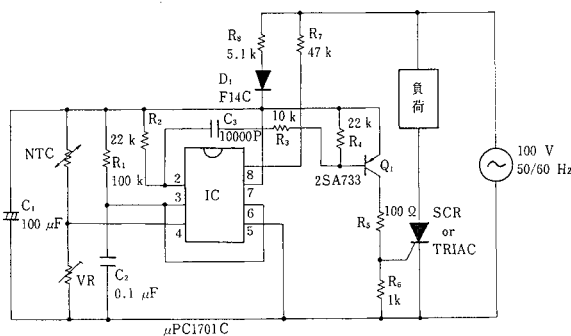


IC入力電圧波形

注)

- 交流電源電圧変動に対し、トライアック導通角を制御して出力電圧をほぼ一定に制御する簡易形定電圧制御回路です。
- 交流電圧変動のフィードバックは、 $R_1$ 、 $R_2$ で分割した電圧ピーク値を $Q_1$ で電流変換後 $R_5$ の電圧降下として得ます。
- 制御特性例としては交流電圧変動 $100 \pm 15$  Vに対し例えば $80 \pm 2$  V程度になります。
- ICの入力端子3には、左図のように、定電圧ダイオード $D_2$ でペディスタル値を設定したランプ波形を入力しており、ランプ波形の傾斜を小さくして、利得を高くしています。
- $VR_2$ で設定する出力電圧の値によって $VR_1$ を調整して制御特性を最適条件に設定することが必要です。

### 4. SCR駆動への応用 (1)

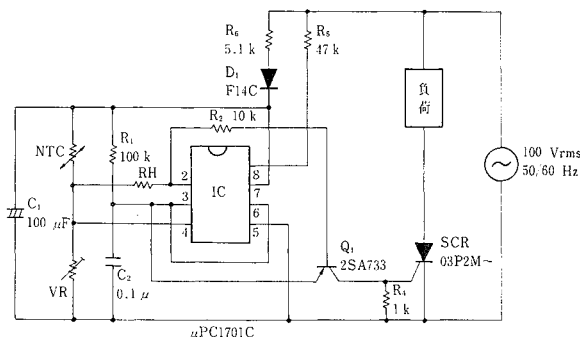


位相制御温度調回路

注)

- SCRおよびトリガモードIIの $V_{GT}$ 、 $I_{GT}$ を保証したトライアック制御用回路例です。
- $R_5$ は、SCR、トライアックのゲート感度により調整が必要です。

### 5. SCR駆動への応用 (2)

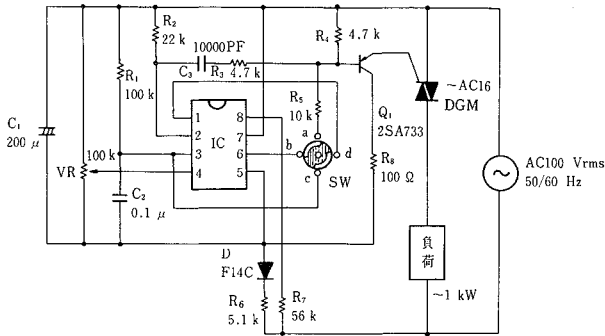


位相制御温度調回路

注)

- SCR、およびトリガモードIIの保証されたトライアック用回路の他の例です。
- 比較器出力(端子2)を微分するコンデンサを省略した例です。
- 比較器出力がロウになると、 $Q_1$ のベース電流が $R_2$ を通して流れ $Q_1$ がオンし、 $C_2$ の電荷をトリガパルスとしてSCRのゲートに供給します。
- 比較器のロウが $C_2$ の電圧が低下しても継続するように $R_H$ でヒステリシスを与えます。
- 位相を進めた場合、 $C_2$ が十分に充電されておらず、SCRのトリガ電流が不足するので注意が必要です。

### 6. その他の応用 (1)

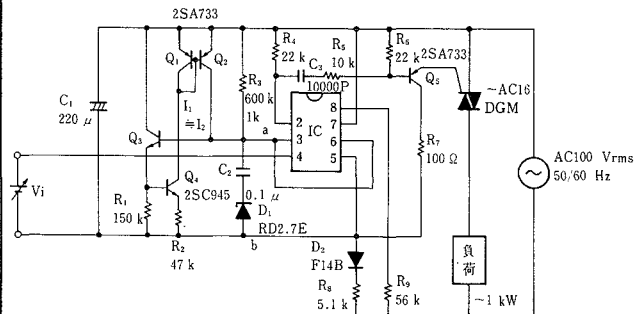


位相制御, オンオフ制御共用回路

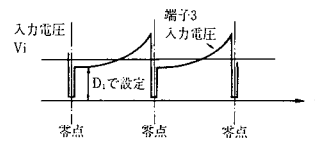
注)

- SWの切換で、位相制御、ゼロボルトオンオフ制御のいずれかを選択できる共用回路例です。
- SWが図の位置(a-b間とc-d間短絡)ではゼロボルトオンオフ制御として動作し、比較器入力端子3には、端子5を基準とし5・3 V印加されています。
- SWを90°回転してa-d間とb-c間を短絡すれば位相制御回路として動作します。
- R<sub>4</sub>は、端子1-5間の吸込形定電流源の100 μAで、Q<sub>4</sub>がバイアスされないような値を設定します。

### 7. その他の応用 (2)



線形電力制御回路(実効値)

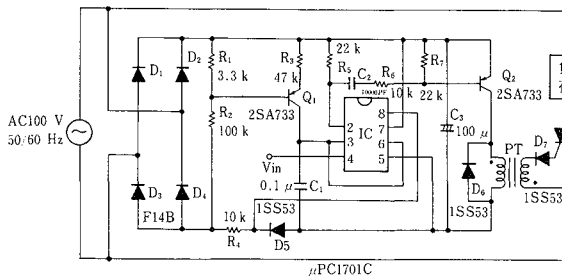


IC入力電圧波形

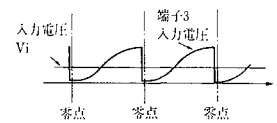
注)

- 入力電圧に対し位相制御された交流実効出力電圧が直線的に変化する線形電力制御回路例です。
- C<sub>2</sub>を、その充電電圧の増加と共に大きくなる電流で充電し上図のような鋸歯状波を形成し、入力電圧に対し制御実効出力電圧が比例するようになっています。
- Q<sub>3</sub>によりC<sub>2</sub>電圧をR<sub>1</sub>に出力し、Q<sub>4</sub>によりその電圧に比例した電流をQ<sub>1</sub>に通じます。Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>はカレントミラーになっており、C<sub>2</sub>の充電電流はその端子電圧の増加と共に大きくなります。

### 8. その他の応用 (3)



線形電力制御回路(平均値)

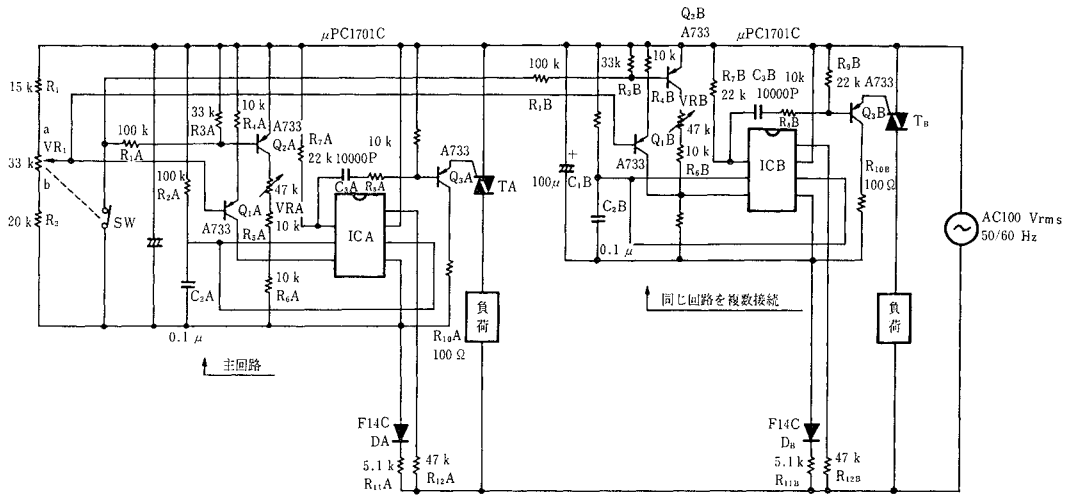


IC入力電圧波形

注)

- 入力電圧に対し位相制御された交流平均出力電圧(平均電力)が直線的に変化する線形電力制御回路例です。
- C<sub>1</sub>を正弦波状に変化する電流で充電することで、その充電波形を余弦波状に変化し、入力電圧に対し制御平均出力電圧が比例するようになっています。
- ICの交流電流入力端子8には、全波整流した台形波を入力して交流電流が入力されているのと同値にしています。

## 9. 調光への応用

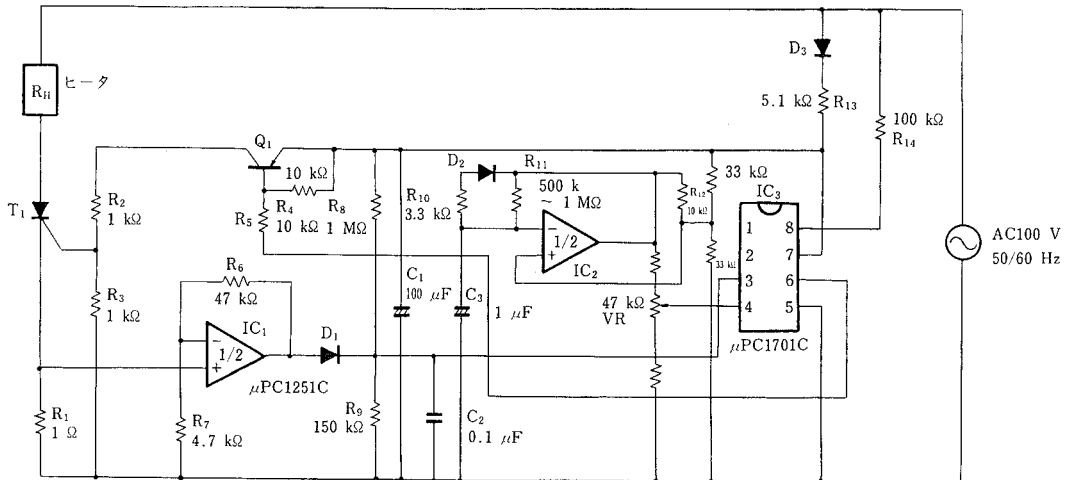


多灯照明調光回路

注)

- 複数の照明器具を単独に調光し、しかも一括制御もできる多灯照明調光回路例です。
- $VR_1$ とSWは連動で、SW閉時はa側になっており $Q_{1A}$   
 $Q_{2A}$ コレクタ電流は小さく $R_{6A}$ 、 $R_{6B}$ の電圧降下は、 $VR_A$
- $VR_B$ で調整され単独調光されます。
- SWを開くと $Q_{2A}$ 、 $Q_{2B}$ がオフし、 $R_{6A}$ 、 $R_{6B}$ の電圧降下は  
 $VR_1$ で調整され一括調光されます。

## 10. 簡易形温度制御回路



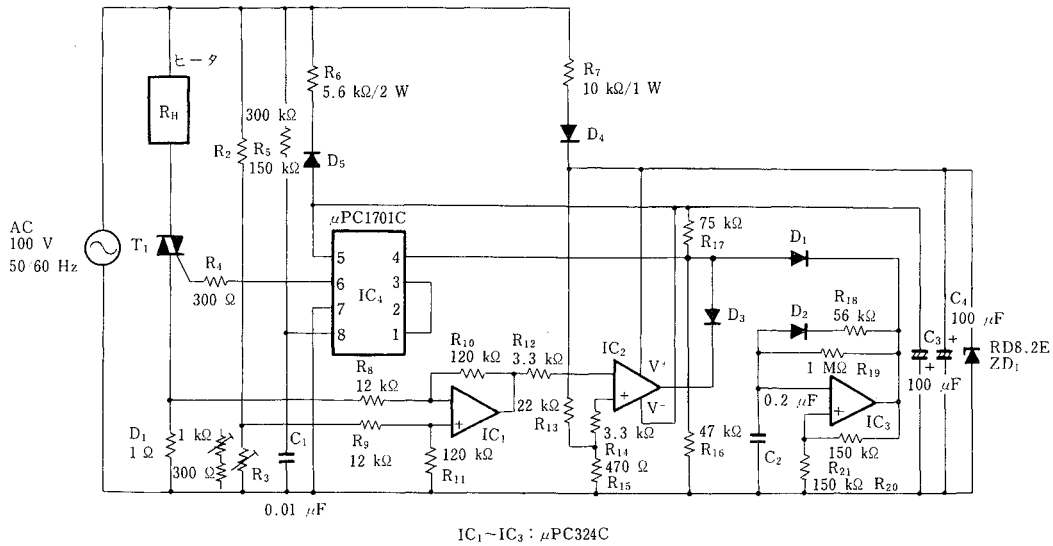
本回路は、温度センサの不要な、温度制御回路です。

ヒータの抵抗の温度特性はあらかじめわかっているのです、SCRのオンオフにより制御しようとする目標温度時のヒータ抵抗 $R_H$ はわかっています。交流電圧が一定であれば流れる電流もわかりますし、その電流による抵抗 $R_1$  1  $\Omega$ の電圧降下もわかります。したがって、抵抗 $R_1$ の電圧降下が目標とする電圧より高ければ、温度が低いので加熱する、低ければ、温度は高いので通電を停止するように動作させれば良いわけです。ところが、SCR  $T_1$ がオフ状態では抵抗 $R_1$ の電圧降下は零であり、これはヒータの温度が無限に高く、抵抗値 $R_H$ は無限大であるという条件になっており、回路はこのままでは動作しません。これをうまく動かす方法として、試しにSCRを少なくとも半サイクルトリガして、流れる電流の大きさ(すなわちヒータの抵抗 $R_H$ →温度)を調べてみて、その結果温度が低ければ以後もSCRのトリガを継続する方法が考えられます。試しのトリガの周期をヒータの熱時定数に比較し、十分に小さくしておけば温度リップルも許容できる程度に小さくなります。

IC<sub>2</sub>は試しのトリガの周期を設定するマルチバイブレータであり、あらかじめ設定した周期で少なくとも半サイクル以上SCR  $T_1$ をトリガするようにIC<sub>3</sub>の4ピンを周期的にロウレベルにします。通常は、IC<sub>2</sub>の出力はハイレベルでVRで分割した電圧が4ピンに印加されています。IC<sub>3</sub>の3ピンにはSCR  $T_1$ オン後に流れる電流による $R_1$ の電圧降下を増幅した後整流して印加し、4ピン電位と比較します。ヒータの温度が低いと $R_1$ の電圧降下は大で、3ピンの入力も大で、IC<sub>3</sub>はSCR  $T_1$ のトリガパルス継続出力するように動作します。

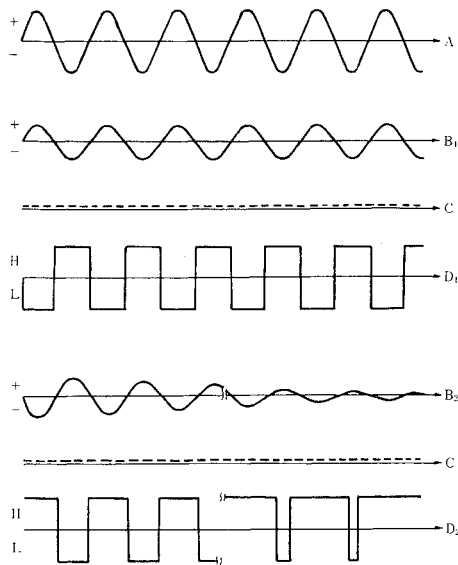
したがって、最終的には試しトリガの周期の中でSCR  $T_1$ のオン期間が変化し、温度を一定とするように動作します。

### 11. 双方向通電形温度制御



本回路は温度センサが不要な温度制御回路であり、制御素子としてトライアックを使用した例です。しかも交流電源電圧変動の影響もきわめて小さい特徴を持つ、双方向通電形温度制御回路です。原理は10. と同様ですが、ヒータの温度検出をヒータ抵抗  $R_H$  と  $R_1$  および  $R_2$  と  $R_3$  からなるブリッジとし、ブリッジ出力が零になるように制御しようとするものです。温度の設定は  $R_1 \sim R_3$  のいずれかを変化すればいいわけですが、上図では  $R_3$  を可変抵抗としています。IC<sub>3</sub> は10. と同じ目的の試しトリガ用のマルチバイブレータです。

IC<sub>1</sub> は差動増幅回路であり、抵抗  $R_1$  と  $R_3$  の電圧降下の差を増幅出力します。



IC<sub>2</sub> 入力出力波形

したがって、トライアック T<sub>1</sub> オフ時は左図 B<sub>1</sub> に示すような交流電源電圧 A と同相で一定の交流電圧が出力されます。一方、ヒータの温度が十分低い状態でトライアックをオン状態にしたとすれば、抵抗  $R_1$  の電圧降下が  $R_3$  の電圧降下より大きく、少しずつその差が小さくなるので、左図 B<sub>2</sub> に示すような交流電源電圧と逆位相で、少しずつそのピーク値が下がる（ヒータの温度上昇によりブリッジが安定するため）交流電圧が出力されます。

IC<sub>2</sub> は抵抗  $R_{13}$  と  $R_{15}$  で分割した左図 C に示す基準微小電圧と前記 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> の電圧を比較します。結果、その出力は左図 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> に示すようになり、出力がロウレベルになる位相は180°異なります。

トリガ IC  $\mu$ PC1701C は D<sub>2</sub> の極性でコンパレータ入力 4 ピンが 3 ピンに対しロウになればトライアック T<sub>1</sub> を 1 サイクルトリガするようにトリガパルスを出します。したがって、最終的には10. と同様で試しトリガの周期内でトライアックのオン期間が変化し、温度を一定とするように動作します。

[x 毛]

(× 毛)

— お問い合わせ先 —

【技術的なお問い合わせ先】

NEC半導体テクニカルホットライン (インフォメーションセンター)

電話 : 044-548-8899  
 FAX : 044-548-7900  
 E-mail : s-info@saed.tmg.nec.co.jp

【営業関係お問い合わせ先】

半導体第一販売事業部	〒108-8001	東京都港区芝5-7-1	(日本電気本社ビル)	(03)3454-1111				
半導体第二販売事業部								
半導体第三販売事業部								
中部支社 半導体第一販売部	〒460-8525	愛知県名古屋市中区錦1-17-1	(日本電気中部ビル)	(052)222-2170				
中部支社 半導体第二販売部				(052)222-2190				
関西支社 半導体第一販売部	〒540-8551	大阪府大阪市中央区城見1-4-24	(日本電気関西ビル)	(06) 945-3178				
関西支社 半導体第二販売部				(06) 945-3200				
関西支社 半導体第三販売部				(06) 945-3208				
北海道支社	札幌	(011)231-0161	宇都宮支店	宇都宮	(028)621-2281	北陸支社	金沢	(076)232-7303
東北支社	仙台	(022)267-8740	小山支店	小山	(0285)24-5011	富山支店	富山	(0764)31-8461
岩手支店	盛岡	(019)651-4344	甲府支店	甲府	(0552)24-4141	福井支店	福井	(0776)22-1866
郡山支店	郡山	(0249)23-5511	長野支社	松本	(0263)35-1662	京都支社	京都	(075)344-7824
いわき支店	いわき	(0246)21-5511	静岡支社	静岡	(054)254-4794	神戸支社	神戸	(078)333-3854
長岡支店	長岡	(0258)36-2155	立川支社	立川	(042)526-5981,6167	中国支社	広島	(082)242-5504
水戸支店	水戸	(029)226-1717	埼玉支社	大宮	(048)649-1415	鳥取支店	鳥取	(0857)27-5311
土浦支店	土浦	(0298)23-6161	千葉支社	千葉	(043)238-8116	岡山支店	岡山	(086)225-4455
群馬支店	高崎	(027)326-1255	神奈川支社	横浜	(045)682-4524	松山支店	松山	(089)945-4149
太田支店	太田	(0276)46-4011	三重支店	津	(059)225-7341	九州支社	福岡	(092)261-2806



アンケート記入のお願い

お手数ですが、このドキュメントに対するご意見をお寄せください。今後のドキュメント作成の参考にさせていただきます。

[ドキュメント名] アプリケーション・ノート μPC1701C

(G13664JJ2V0AN00 (第2版))

[お名前など] (さしつかえのない範囲で)

御社名(学校名, その他) ( )  
ご住所 ( )  
お電話番号 ( )  
お仕事の内容 ( )  
お名前 ( )

1. ご評価 (各欄に○をご記入ください)

項目	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
全体の構成					
説明内容					
用語解説					
調べやすさ					
デザイン, 字の大きさなど					
その他 ( )					
( )					

2. わかりやすい所 (第 章, 第 章, 第 章, 第 章, その他 )  
理由 [ ]

3. わかりにくい所 (第 章, 第 章, 第 章, 第 章, その他 )  
理由 [ ]

4. ご意見, ご要望

5. このドキュメントをお届けしたのは

NEC販売員, 特約店販売員, NEC半導体ソリューション技術本部員,  
その他 ( )

ご協力ありがとうございました。

下記あてにFAXで送信いただくか, 最寄りの販売員にコピーをお渡しください。

NEC半導体テクニカルホットライン

FAX: (044) 548-7900