

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。

# マイコンによる温度制御回路集

## まえがき

電熱による加熱（冷却）を利用した、いろいろな機器・装置の温度制御回路へ、マイクロコンピュータ（以下、マイコンと略記します）の搭載が進み、今後もその傾向はますます増すものと考えられます。

ここでは、サーミスタとマイコンを使用した温度検出部について、いくつかの具体例をあげて温度制御回路を説明します。なお、温度コントロール・システム全体の設計について説明した技術資料 MEA 502 もあわせてご参照ください。

## 1. 共通事項について

### 1.1 サーミスタの断線・短絡検出回路

断線検出回路は、サーミスタの抵抗値が設定した値よりも大きい状態を断線として検出し、動作を停止するとともに各種の報知や表示を行います。

NTC（負温度特性）サーミスタを温度センサとして使用している機器の場合、サーミスタが断線してその間の抵抗が無限大になると、検出温度としても極低温という情報を制御回路にフィードバックするので、電力の連続印加による過熱状態を生じます。（冷蔵庫のように冷却する機器は様子が異なりますが…）

このため温度制御を行う機器・装置には、異常過熱時に溶断して電力の供給を停止する温度ヒューズ（ヒータの周辺に取り付けます）という最後の手段のほかに、NTCサーミスタの断線を検出して、動作を無条件に停止する機能を付加するのが一般的です。

実際にはある抵抗値以上を断線と判定しますが、この温度換算抵抗値をどの程度にして断線を判定するかは、使用しているサーミスタの温度特性と、対象機器・装置の使用環境の最低温度の推定値を十分検討して決定する必要があります。

NTCサーミスタの短絡状態は温度が異常に高いことと等価です。電力印加は通常は行われず、危険は小さいのですが、異常を検出（実際に高温の場合を含む）してアラームを出すなどの目的で、短絡検出回路（低抵抗状態の検出）が付加されることがあります。

サーミスタがPTC（正温度特性）の場合は、短絡が危険なモードになりますが、逆に考えれば済むので、PTCを取り上げた説明はしていません。また、紹介した回路例では断線検出回路だけを取り上げたり、まったく取り上げていない場合があります。用途によって省略することがあるものとして、お読みください。

## 1.2 制御目標温度の設定、読み込みなど

マイコンを使用した温度制御回路では、制御目標温度は次のようにして与えられます。

- ①マイコンのプログラムの中で、あらかじめすべて設定されており電源のオンで自動的に動作する。設定温度は1点だけの場合、複数の場合があります。
- ②可変抵抗などで設定したアナログ値をデジタル変換して読み込む。
- ③マイコンのプログラムの中で、あらかじめ設定されているいくつかの温度から主にキースイッチで選択して設定する。
- ④上記①、②、③の組み合わせ。

以下の回路例では特に説明していませんが、それぞれの応用において制御目標温度は、いずれかの方法で与えられているものとして、お読みください。

## 1.3 出力回路

電熱により温度制御を行う各種の機器・装置では、ヒータなどへの印加電力の制御にオンオフ制御方式を採用するのが一般的です。それは制御対象に熱時定数があり、電力の供給に対してすぐには温度が上昇・下降しないからです。多くの機器・装置が、若干の温度リップルを許容すれば、かなり長い周期のオンオフでも十分に制御が可能です。

オンオフ制御には、リレーや半導体スイッチが使用されます。リレーの場合は、マイコンからの直流出力で小信号のトランジスタなどを駆動して制御する簡単な回路です。半導体スイッチとしてはサイリスタが比較的多く使用されますが、この場合はマイコン出力をパルス化したり、交流の零点に同期するなどの工夫がなされることがあります。

制御電力が100 W (100 Vの場合) よりも大きくなると、半導体スイッチは放熱器が必要な場合が多く、リレーと半導体スイッチのどちらを使用するか、実装コストや全体の形状を含めて利点を比較する必要があります。

一部に交流電力を位相制御する方式や、インバータ技術によって連続的に変化する方式の機器・装置があり、この場合は半導体スイッチによる制御だけになります。

以下の回路紹介では、これら出力回路の説明は行いません。

#### 1.4 A/Dコンバータを使用する回路と、コンパレータを使用する回路の比較

一般的には、A/Dコンバータを内蔵したマイコンは、やや高価ですが周辺の部品点数は少なくでき、小形化などには有利と考えられます。また種類の異なるいくつかのセンサを必要とする機器・装置の場合には特に有利です。

一方のコンパレータを使用した回路は、抵抗値と温度に関連性を持たせることができ、その場合は温度仕様などの小変更に対し、柔軟に対応できる利点があります。つまり、抵抗値を変えれば検出温度を変更できます。

マイコンの選定にあたっては、その性能（メモリの容量、表示機能とその特徴、入出力端子数とそのタイプ、タイマ・カウンタの数量、パッケージ、EPROM品の有無など）、機器・装置の仕様、その仕様に基づく他のデバイス類の使用計画などを、十分吟味する必要があります。温度検出部についてもたとえば他の周辺回路の関係でコンパレータが少し余っている場合などでは、A/Dコンバータを使用するよりも全体として有利なことも考えられます。

これ以外にも場面に応じた比較が必要と考えますが、以下の回路説明では両方式の比較は行っていません。

#### 1.5 温度をパルス幅に変換してマイコンに入力する温度検出について

一部に、温度をパルス幅（発振周波数）に変換して読み込んで温度制御を行う回路例もあります。サーミスタと固定コンデンサを回路に含む単安定回路、非安定回路、弛張発振回路、積分回路などを利用して、サーミスタの温度による抵抗の変化をパルス幅に変換してマイコンに入力します。

A/Dコンバータ、コンパレータを内蔵していないマイコンを使用したときに周辺回路の関連などで採用される方式ですが、以下の回路説明では紹介していません。

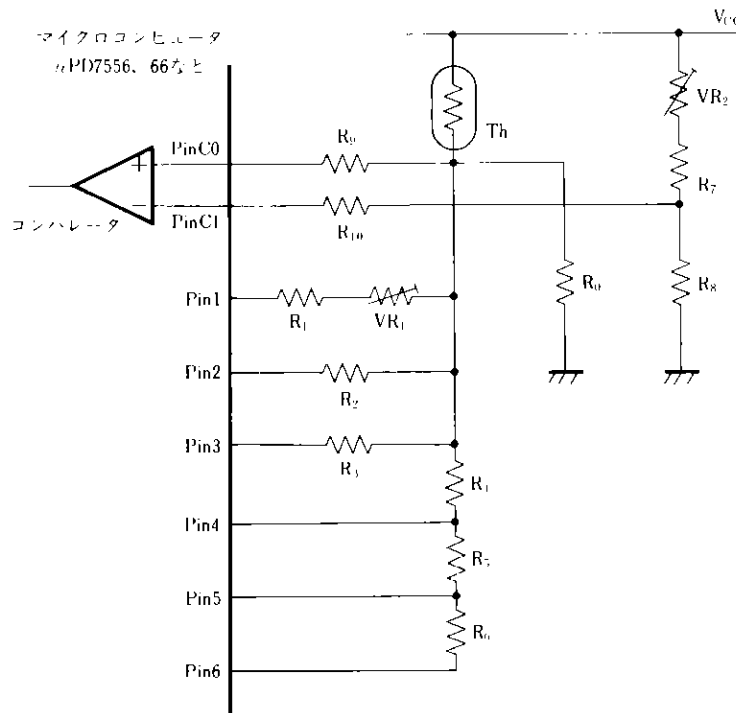
## 2. コンパレータを使用する温度制御回路例

### 2.1 温度に対応した抵抗値を設定する例

図1において、マイコンのPinC1はコンパレータの基準電圧入力で、可変抵抗 $VR_2$ 、抵抗 $R_7$ 、 $R_8$ により、 $V_{CC}$ を分割した電圧が印加されます。

一方のPinC0には、NTCサーミスタとその断線検出用抵抗 $R_0$ の分割電圧が印加されます。マイコンの出力端子Pin1~6の全部がオープン状態のときは、抵抗 $R_0$ とサーミスタ抵抗によってPinC0の電圧が決まります。断線と判定すべきサーミスタ抵抗値のときに、PinC0の電圧がPinC1の電圧よりも低くなるように $R_0$ を設定します。

図1 温度に対応した抵抗値を設定する温度検出回路例



温度検出を行うときは、図2のように設定した周期、タイミングで、マイコンの出力端子Pin1~6が順にロウ・レベルになって、サーミスタと抵抗 $R_1 \sim R_6$ の分割電圧（高抵抗 $R_0$ に並列接続される）が入力され、温度検出を行います。

図2 サーミスタと抵抗 $R_0$ 接続点の電圧波形

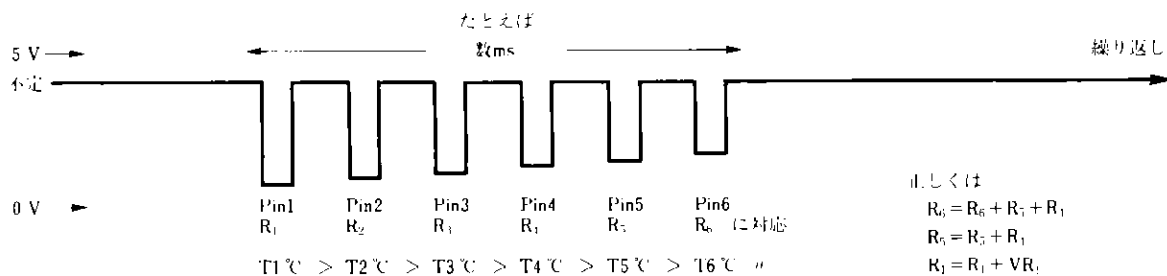
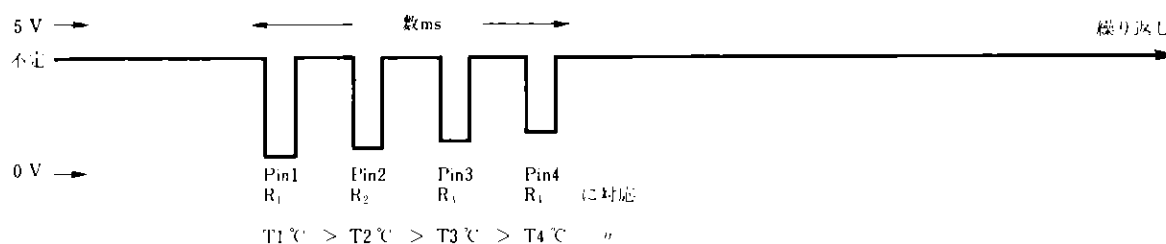


図1の各抵抗値 ( $R_1 \sim R_6$ ) は温度 ( $T1 \sim T6$ ) と対応しています。測温範囲が広がると、低温 (常温) 時に使用できるサーミスタ抵抗値の上限の関係で (湿度やノイズの影響を考慮すると高抵抗は好ましくない)、高温時の抵抗値が小さくなり (温度によっては数100  $\Omega$  以下)、マイコン出力端子の電圧降下による誤差を生じるので、 $VR_1$  による補償が必要になる場合があります。

ある温度を判定すると、その判定ハルス以降の出力を出さないようなプログラムでは、実際出力パルスは図3のようになります。(図は、 $T4^\circ\text{C}$  を検出した場合)。同じ温度を複数回検出すると、その温度と判定しますが、ノイズなどを含むデータによる混乱を軽減できます。

図3 サーマスタと抵抗 $R_0$ 接続点の電圧波形 ( $T4^\circ\text{C}$  検出)



## 2.2 標準抵抗を利用する例

図1のように、検出温度と対応する抵抗を設定する場合は、特殊な抵抗値になるという欠点がありますが、次のように標準抵抗を使用して構成することもできます。図4において、マイコンのPinC1は、抵抗 $R_5$ 、 $R_6$ により、 $V_{CC}$ を分割した電圧を印加し、PinC0にも、NTCサーミスタと断線検出抵抗 $R_0$ の分割電圧を印加します。

設定した周期、タイミングで、マイコンの出力端子Pin1~4を順に図5のように駆動します。ロウ・レベルになる各Pinの組み合わせによって、高抵抗 $R_0$ と並列接続される抵抗値 (抵抗の組み合わせ) が変化し、NTCサーミスタとの分割電圧も変化します。

図5のようにPin1~4の4つを使用すると、15種類の組み合わせが得られます。たとえば測定温度範囲が $T1$ 、 $T2$ 、 $T3$ 、 $T4$ 、 $T5$ までの場合は ( $T1 < T5$ )、最初に $T1$ を検出できる抵抗を求め、計算値よりもやや大きい標準抵抗 $R_3$ を選定します。そして、それに並列接続して必要な抵抗値が得られるような抵抗 $R_4$ を選定します。

$T5$ の検出用の抵抗 $R_1$ を同様に選定し、 $R_3$ や $R_4$ を並列接続して必要な値が得られるように $R_1$ を調整します。さらに $R_2$ という抵抗と $R_3$ や $R_4$ あるいは $R_3$ 、 $R_4$ を並列接続して残りの $T2 \sim T4$ を検出できるか検討します。これらの組み合わせをどのように変えても $T1 \sim T5$ の全部は検出できない場合は、もう一つのマイコン出力が必要か、図1のように各温度に対応する抵抗値を設定する方法を選択します。

この方法は、制御する温度範囲やその範囲での各温度がそれほど厳密でなく、数 $^\circ\text{C}$ の差は問題にならないようなときに有効で、15種類の組み合わせで得られる検出温度から適当なものを選んで利用します。このとき図4の $R_6$ を $R_7$ に切り替えるか、並列接続して検出温度・検出点をより広げる方法もあります。また、温度に対する抵抗値とその組み合わせが決まれば、温度検出時は各Pinの必要な組み合わせだけを出力する

こともあります。なお、ノイズ等の影響を軽減する目的でサーミスタにコンデンサを並列接続するときは、コンパレータのもう一方の入力側を変化して検出します。

図4 標準抵抗を利用する温度検出回路例

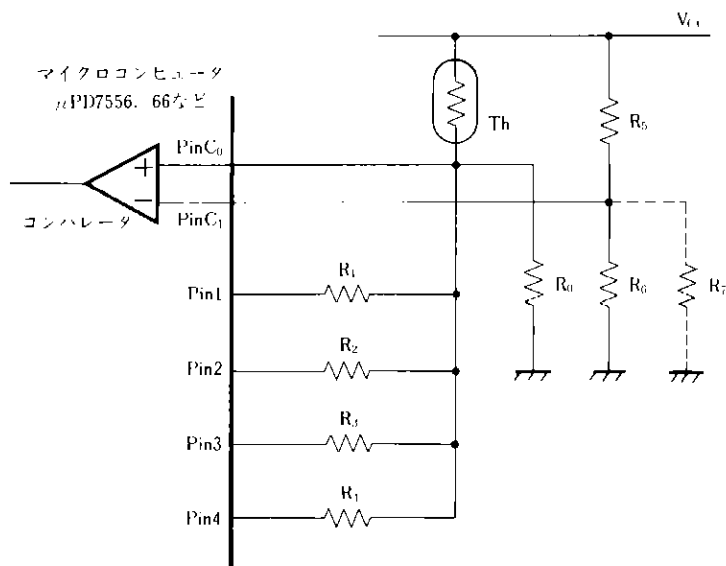
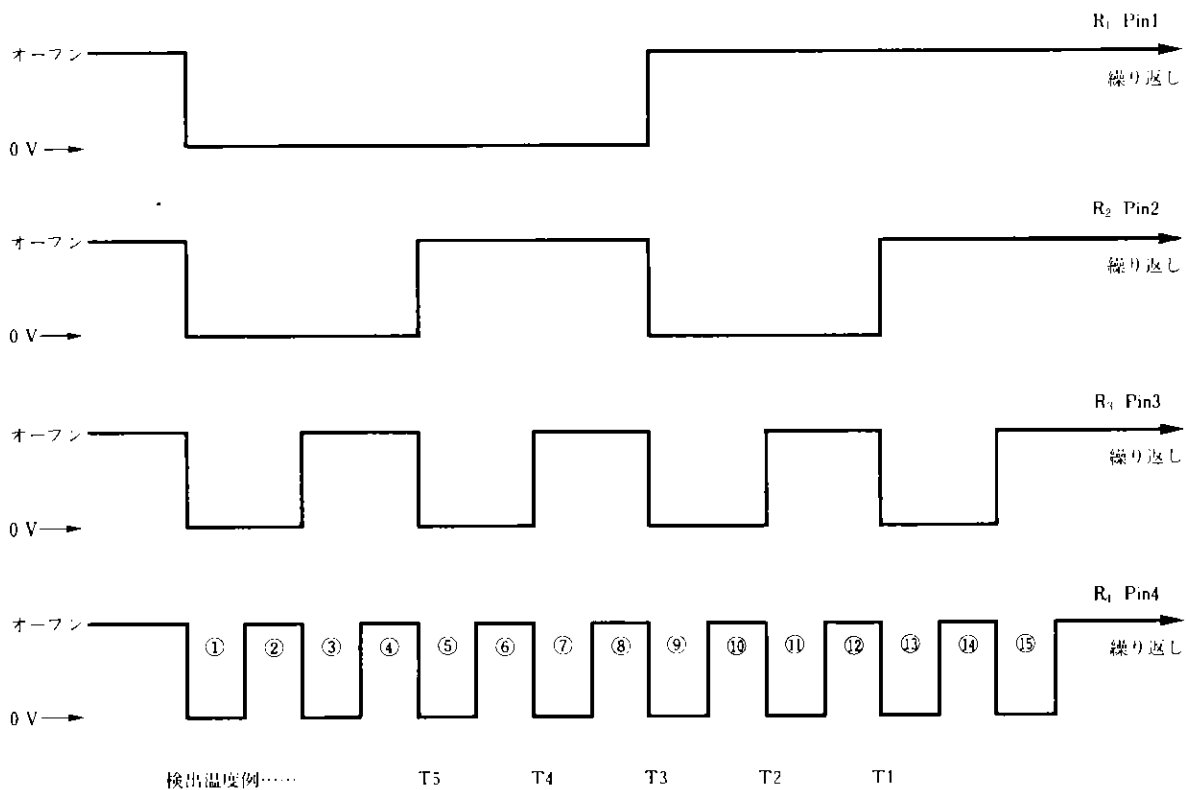


図5 各出力端子の波形例





### 2.3 はしこ形回路を使用したD/A変換の例

いままで説明した温度検出回路には、マイコンの出力にオープンドレインが必要です。CMOS出力のマイコンでは、図6に示すR-2Rラダーを使用してD/A変換を行い温度検出を行います。各出力端子（Pin1-6）をD<sub>n</sub>からD<sub>0</sub>として一般化すると、回路の出力電圧V<sub>out</sub>は次式で表されます。

$$V_{out} = \frac{V_{CC}}{2} (D_n \cdot 2^0 + D_{n-1} \cdot 2^{-1} + \dots + D_0 \cdot 2^{-n})$$

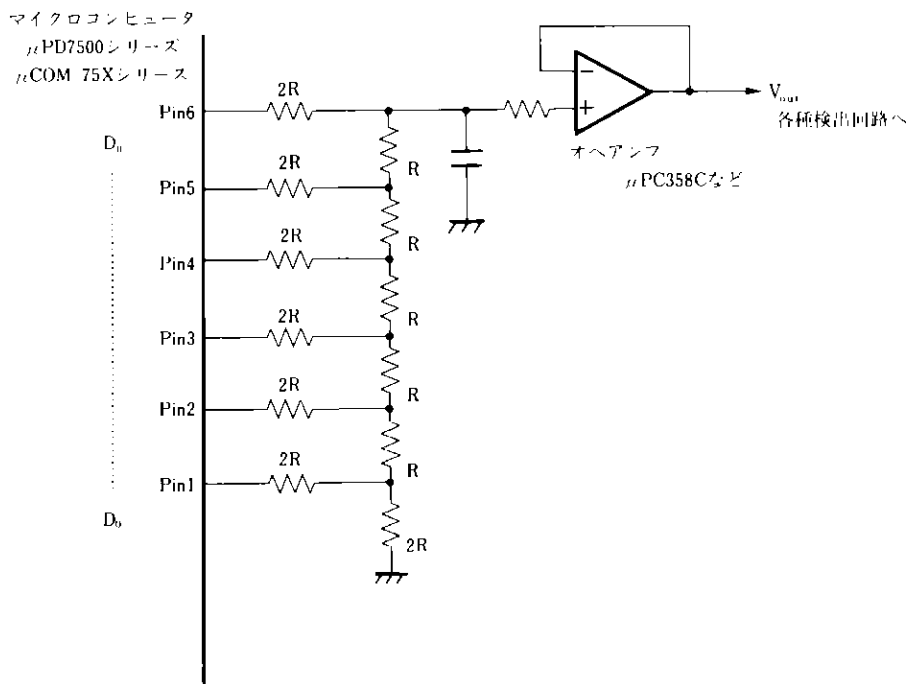
D<sub>n</sub>~D<sub>0</sub>は、0または1

図6の回路は、6本のマイコンの出力を使用しているため、出力電圧V<sub>out</sub>は次のようになります。

$$V_{out} = 5 \times (32 \cdot \text{Pin6} + 16 \cdot \text{Pin5} + 8 \cdot \text{Pin4} + 4 \cdot \text{Pin3} + 2 \cdot \text{Pin2} + 1 \cdot \text{Pin1}) / 64$$

(Pin1~6は、0 or 1)

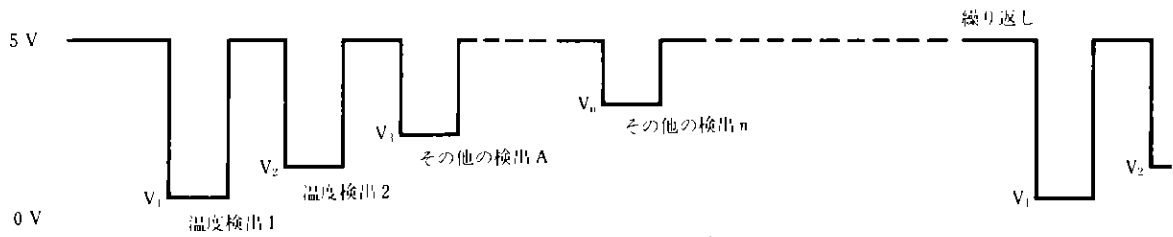
図6 R-2Rラダー回路によるD/A変換例1



また、温度検出以外の各種検出回路にも比較のためのアナログ電圧を供給できるようにオペアンプによるボルテージフォロワを介して各判定回路に出力しています。

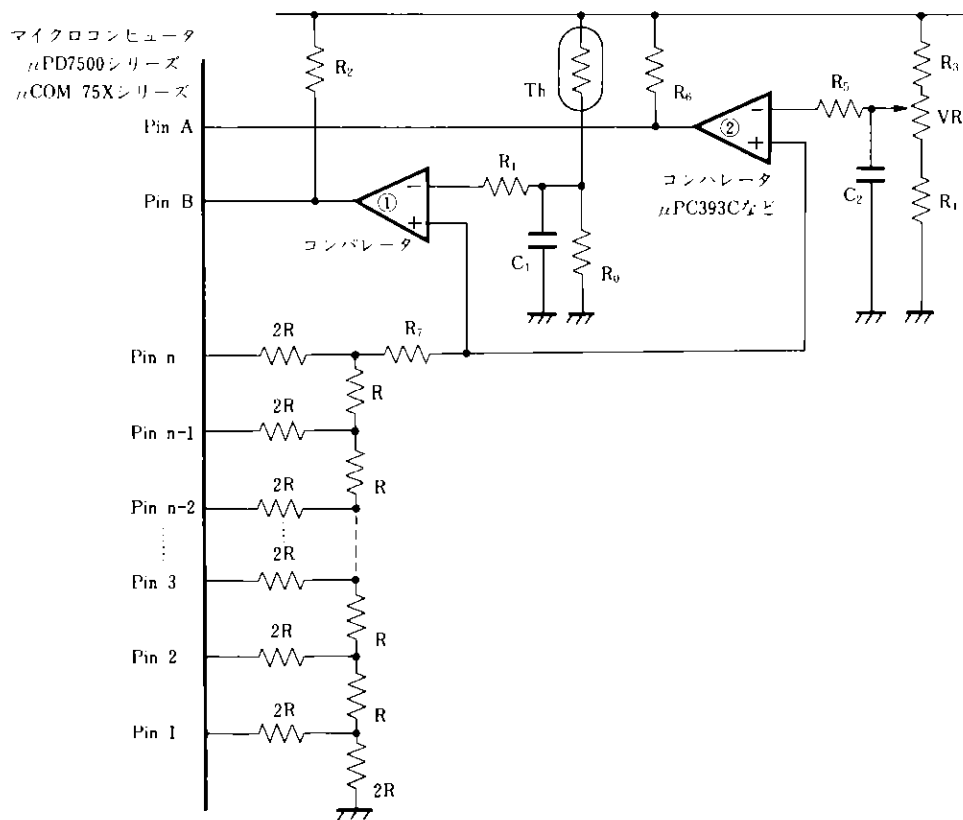
つまり、各端子（Pin1-6）から同期した複数組のパルスを繰り返し出力することで、オペアンプの出力を図7のように変化して、たとえば前から順に温度検出1、温度検出2、その他の検出A、……その他の検出nなどの複数の検出・判定を行えます。

図7 オペアンプの出力波形例



また、図8に示すように直接コンパレータに接続することもできます。VRは温度設定用の可変抵抗です。

図8 R-2R ラダー回路によるD/A変換例2



## 2.4 重み抵抗を使ったD/A変換の例

図9は、はしご形回路と同様に、CMOS出力のマイコンでD/A変換を行う回路例です。使用する抵抗は、 $R, 2R, 2^2R, 2^3R, \dots$ と大きくなりますので、最初と最後の抵抗が著しく小さかったり、大きくならないように注意\*が必要です。各出力端子(Pin1-6)を $D_0$ から $D_n$ として一般化すると、回路の出力電圧 $V_{out}$ は次式で表されます。

$$V_{out} = \frac{V_{CC} \times 2^n \times (D_n \cdot 2^0 + D_{n-1} \cdot 2^{-1} + \dots + D_0 \cdot 2^{-n})}{2^{n+1} - 1}$$

図9の回路は、6本のマイコンの出力を使用しているため、出力電圧 $V_{out}$ は次のようになります。

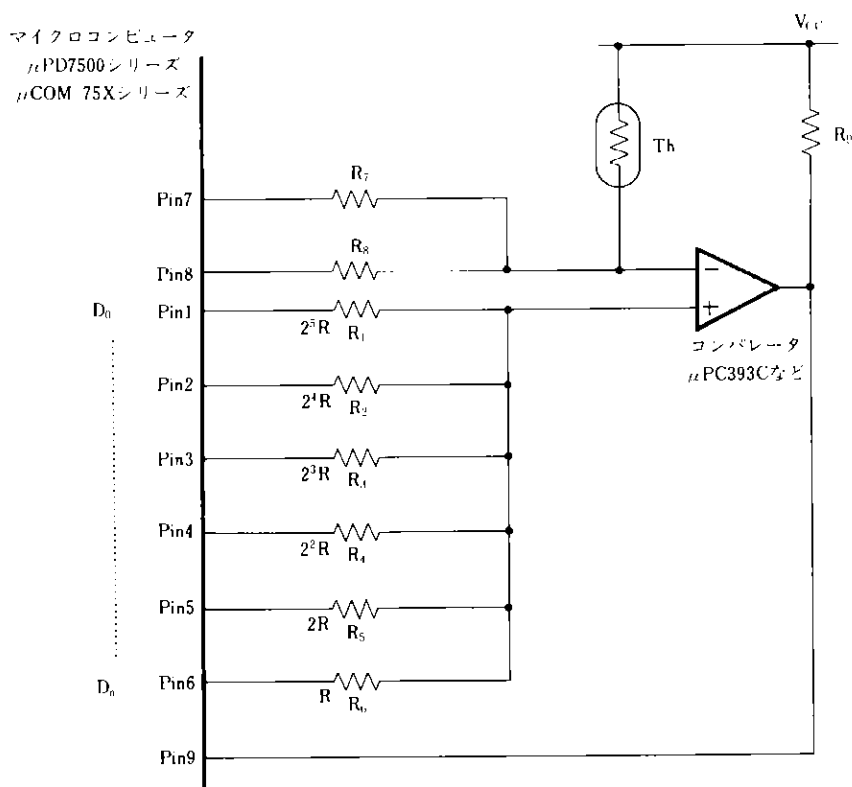
$$V_{out} = 5 \times 32 (32 \cdot \text{Pin6} + 16 \cdot \text{Pin5} + 8 \cdot \text{Pin4} + 4 \cdot \text{Pin3} + 2 \cdot \text{Pin2} + 1 \cdot \text{Pin1}) / 63$$

(Pin1~6は、0 or 1)

出力端子(Pin7-8)に接続した抵抗 $R_7, R_8$ は、断線の検出や測定範囲が広い場合に切り替えて、サーミスタとの接続点の電位が $1/2 V_{CC}$ 前後になるようにしています。

\*  $R = 10 \text{ k}\Omega$  とすると、図のように6桁の場合は $2R = 320 \text{ k}\Omega$ ですが、10桁になると $2R = 5120 \text{ k}\Omega$ になります。逆に $2R$ を $500 \text{ k}\Omega$ 以下に小さくしようとすると、 $R$ は $1 \text{ k}\Omega$ 以下になりマイコンの出力の電圧降下の影響が大きくなります。

図9 重み抵抗を使用したD/A変換例



## 2.5 2個のサーミスタを使用する回路例1

図10は、マイコンに内蔵の2個のコンパレータを使用して、2箇所の温度を検出する温度制御回路例です。マイコンのPinC1はコンパレータの基準電圧入力で、可変抵抗 $VR_2$ 、抵抗 $R_7$ 、 $R_8$ により、 $V_{CC}$ を分割した電圧が印加されます。

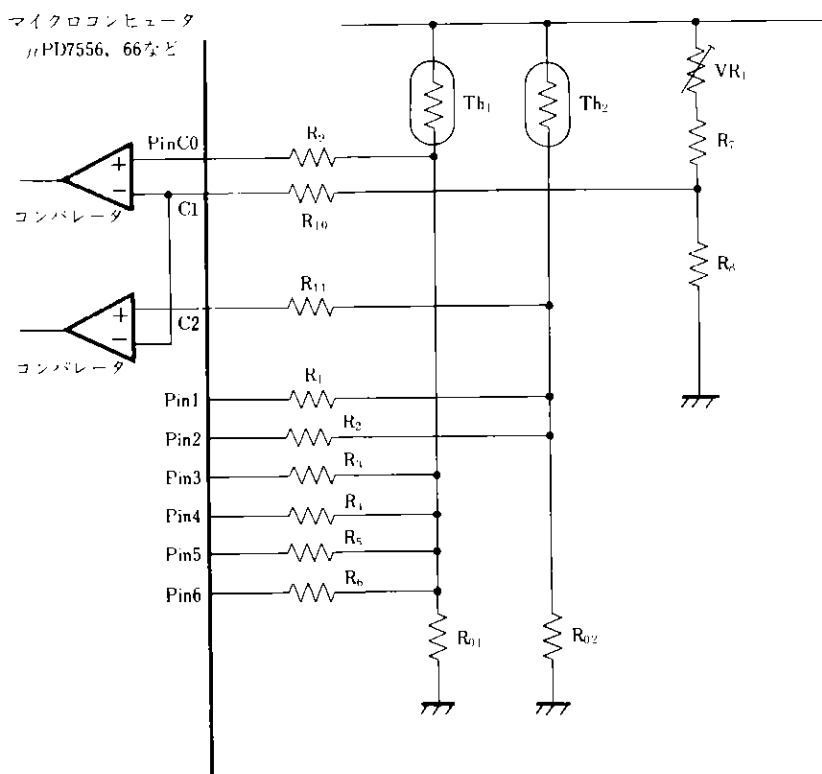
PinC0とPinC2には、サーミスタ $Th_1$ 、 $Th_2$ とその断線検出抵抗 $R_{01}$ 、 $R_{02}$ の分割電圧がそれぞれ印加されます。出力端子Pin1～6の全部がオープン状態のときのPinC0とPinC2の電圧が、断線と判定すべき各サーミスタの抵抗値のときに、PinC1の電圧よりも低くなるように、 $R_{01}$ 、 $R_{02}$ を設定します。

温度検出のときは、設定した周期、タイミングで、マイコンの出力端子Pin1～6が順にロウ・レベルになって、サーミスタ $Th_1$ と抵抗 $R_3$ ～ $R_6$ との分割電圧、サーミスタ $Th_2$ と抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ の分割電圧（高抵抗 $R_{01}$ 、 $R_{02}$ に並列接続される）がそれぞれ入力され、温度検出を行います。

マイコンの各出力端子に接続した抵抗値の設定にあたっては、すでに説明したいくつかの方法(図1、4、6、9参照)から最適なものを選択します。

温度に対応した抵抗値を設定する方法のときに、マイコンの各出力を組み合わせてロウにした並列抵抗値が、検出したい温度(サーミスタ短絡相当の抵抗)に対応すれば、その組み合わせをサーミスタの短絡や異常高温の検出に利用できます。

図10 2個のサーミスタを使用する回路例1



## 2.6 2個のサーミスタを使用する回路例2

図11は、A/Dコンバータやコンパレータを内蔵していないマイコンで、2箇所の温度を検出する温度制御回路例です。

2個のサーミスタ  $Th_1$ 、 $Th_2$  の特性は等しく、検出制御温度はそれぞれ極端には違わないものとし、温度検出回路にはコンパレータ、トランジスタを使用します。

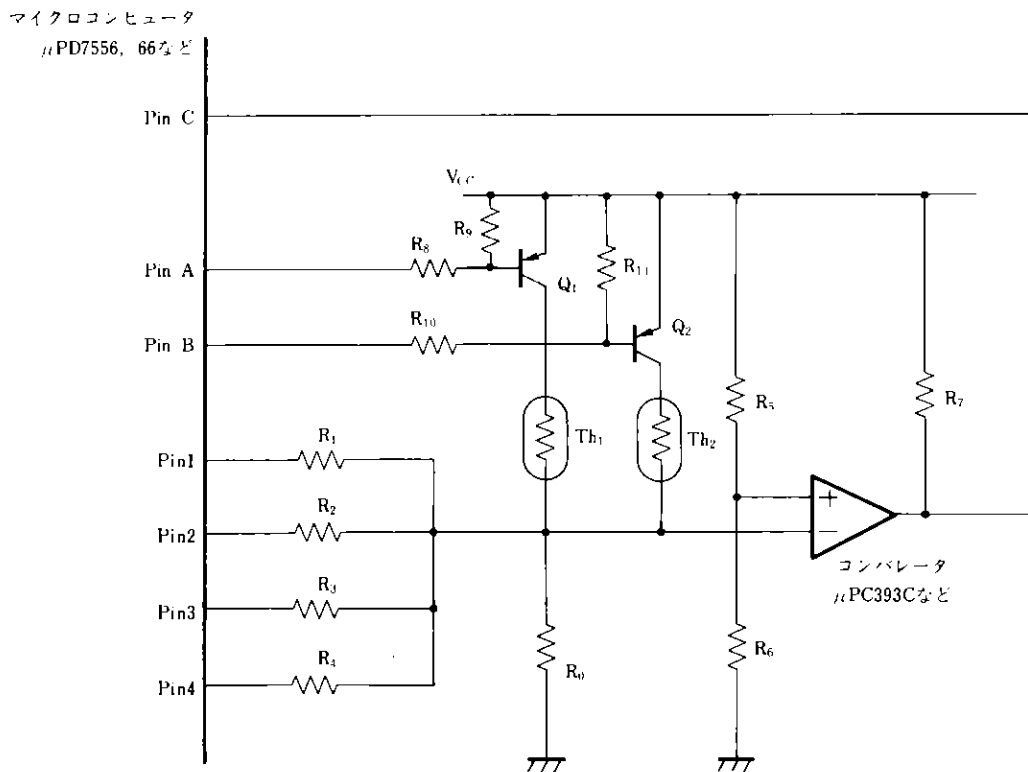
この2個のサーミスタに直列に接続したトランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  を、マイコンの2本の出力 Pin A、B により交互にオンすることで切り替えて温度を検出します。

コンパレータの非反転入力端子の電圧は抵抗  $R_5$  と  $R_6$  で分割し、 $1/2 V_{CC}$  程度に設定します。一方の反転入力端子は、マイコンの複数の出力端子 Pin1-4 に接続した、検出温度に対応している抵抗  $R_1 \sim R_4$  を切り替えてその電圧を変化し、コンパレータの出力の変化をマイコンにフィードバックし、温度を判定します。

サーミスタの断線検出時の反転入力端子の電圧は、マイコンの各出力 Pin1-4 の全部がオープン状態のときに、常時接続されている抵抗  $R_0$  と、サーミスタ抵抗によって決まりますが、断線と判定すべきサーミスタ抵抗値のときに、コンパレータ出力がハイ・レベルになるように  $R_0$  を設定します。

サーミスタの短絡や異常高温の検出は、マイコンの各出力を組み合わせることでロウにし、その並列抵抗値が検出したい温度(サーミスタ短絡相当の抵抗)に対応すれば、その組み合わせを利用します。すべてを並列接続しても目的の抵抗値が得られないときは、専用の抵抗を設定する必要があります。

図11 2個のサーミスタを使用する回路例2



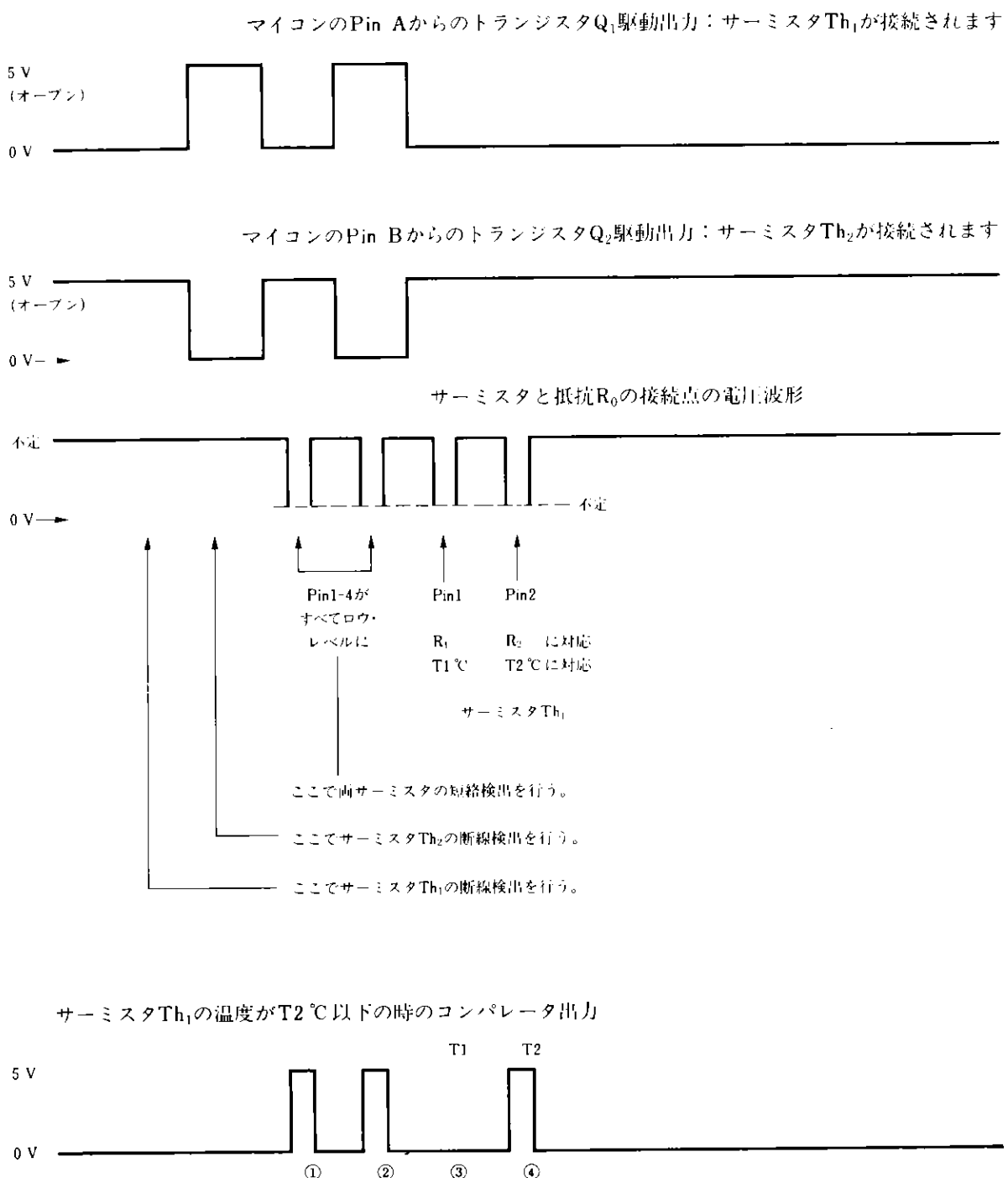


実際の各出力端子の出力パターン例-2

サーミスタ  $Th_1$  あるいは  $Th_2$  の検出温度によって、つぎの新しい動作を開始するように構成する場合には、次のようにトランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  のオンオフの組み合わせや、温度検出のためのマイコン出力を切り替える方法もあります。

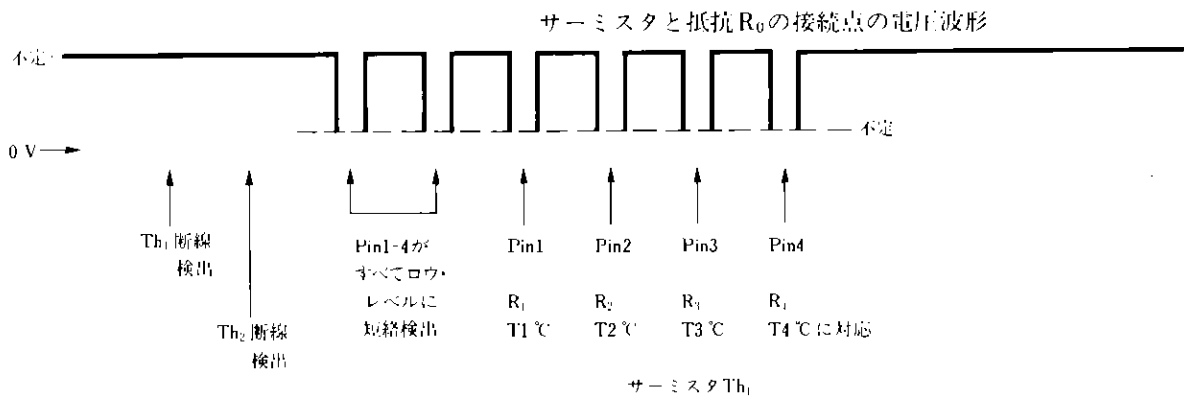
たとえば、サーミスタ  $Th_1$  で  $T2$  までを検出し、その結果次の温度検出を行う。(  $T2$  まではあらかじめ設定したヒータ駆動などの動作を行っています )

図13 各部の出力波形例

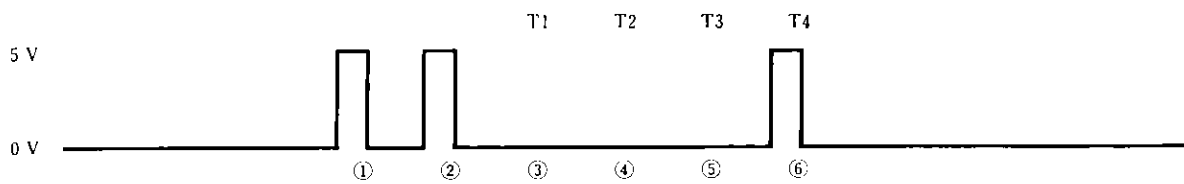


コンパレータから④のパルスが出なくなった時点（サーミスタ $Th_1$ の検出温度が $T2^{\circ}C$ よりも高くなった）で、温度検出のためのマイコン出力を変更します。また、この範囲でもあらかじめ設定した動作を行います。

図14 各部の出力波形例



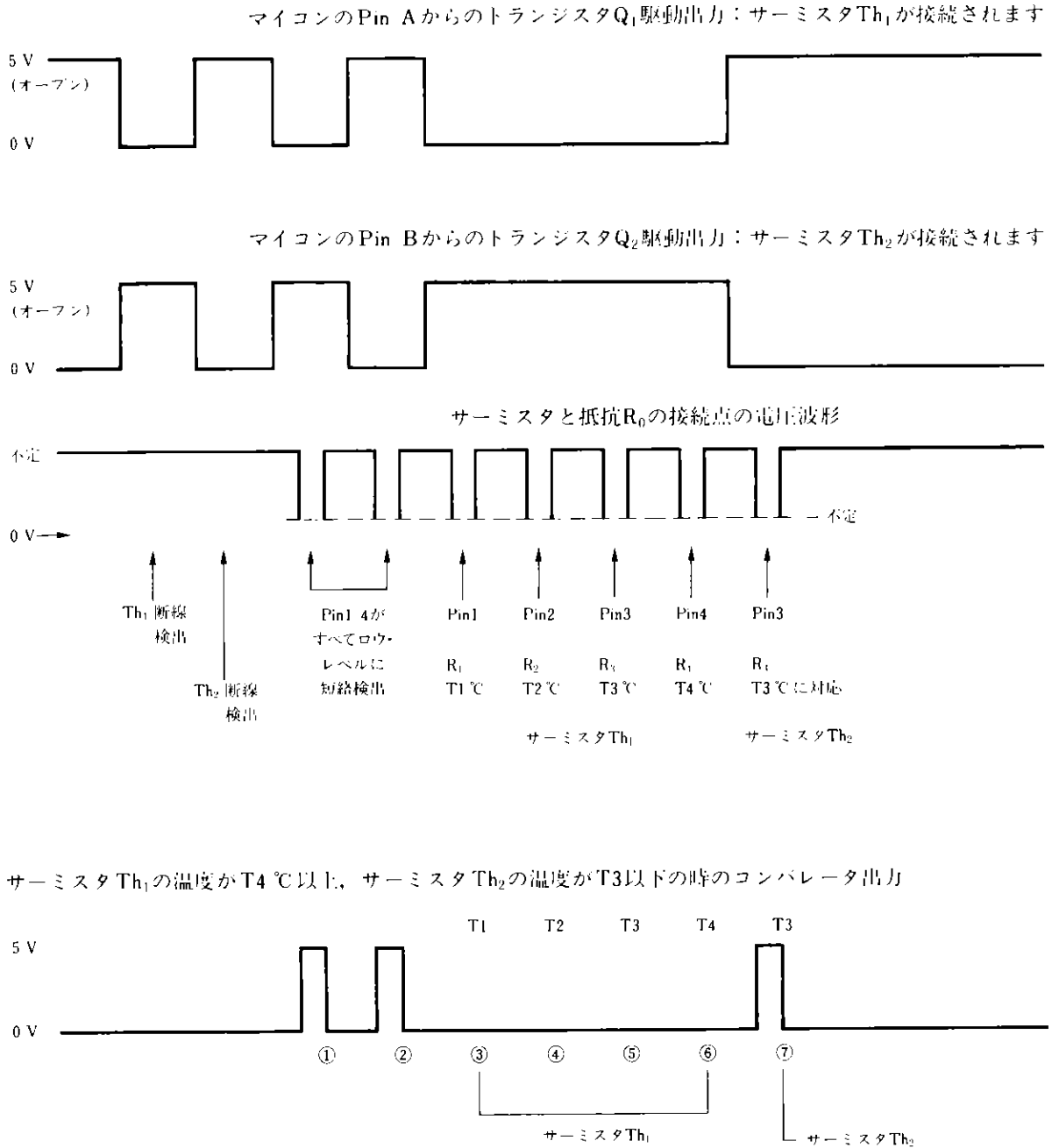
サーミスタ $Th_1$ の温度が $T4^{\circ}C$ 以下の時のコンパレータ出力





コンパレータから⑥のパルスが出なくなった時点（サーミスタ  $Th_1$  の検出温度が  $T4^{\circ}C$  よりも高くなった）で、トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  のオンオフ波形を変更すると同時に、温度検出のためのマイコン出力も変更します。同様に、あらかじめ設定した各種の動作を行います。

図15 各部の出力波形例



## 2.7 コンパレータを使用した各種の温度検出回路例。

図16は、温度の設定値が一つの場合の回路例です。

抵抗  $R_0$  は、サーミスタ  $T_h$  の断線検出用で、 $Q_1$ 、 $Q_2$  がオフのときに断線の有無を判定してから温度の測定に入ります。このとき  $Q_1$  をオンして、抵抗  $R_1$  を  $R_0$  に並列接続し、設定温度を検出するのに適した抵抗がサーミスタに直列に接続されます。

一方のコンパレータの非反転入力端子には抵抗  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  が接続され、一つの設定温度が決められます。このとき  $Q_2$  はオフ状態です。

電力の印加により加熱され、サーミスタの温度も上昇して設定値に達すると、反転入力の電圧が高くなってコンパレータ出力はハイからロウに変化します。この変化をとらえて電力の印加を停止しますが、同時に  $Q_2$  をオンして  $R_4$  を短絡し、非反転入力の電圧をわずかに低くします。この結果、サーミスタの温度が下がって再び電力の印加を行うときの回数が頻繁にならないように、ヒステリシス幅が設定されます。

このとき  $R_3$  と  $R_4$  抵抗の比が小さくなると、ヒステリシス幅が広くなりオンオフの頻度は低くなりますが、制御温度の変動が大きくなるので、許容できる温度リップルの大きさを考慮してヒステリシス幅を設定 ( $R_4$  の抵抗値決定) します。

図16 温度設定値が1つの回路例

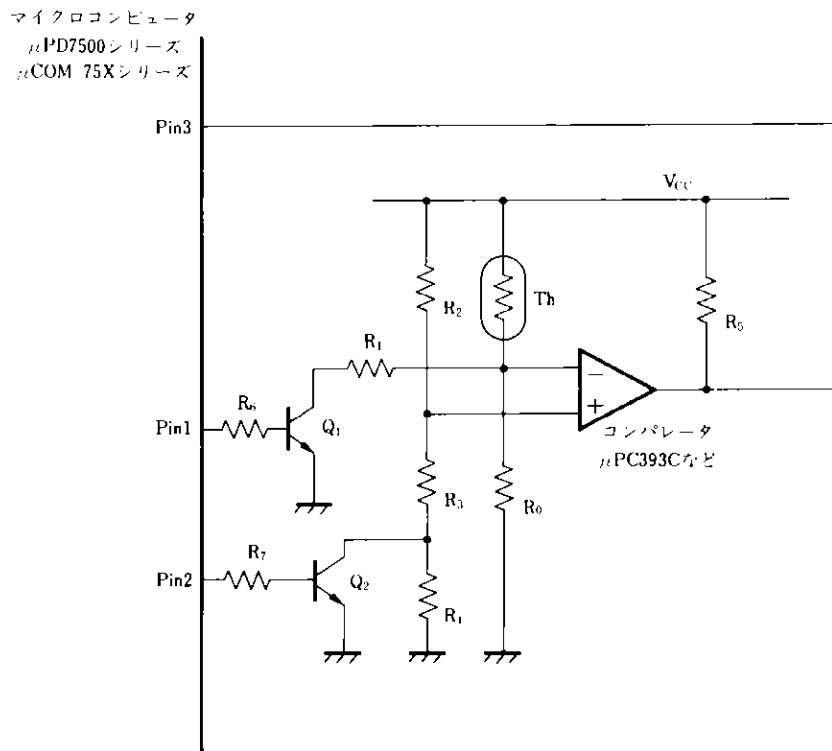


図17 各部の出力波形例

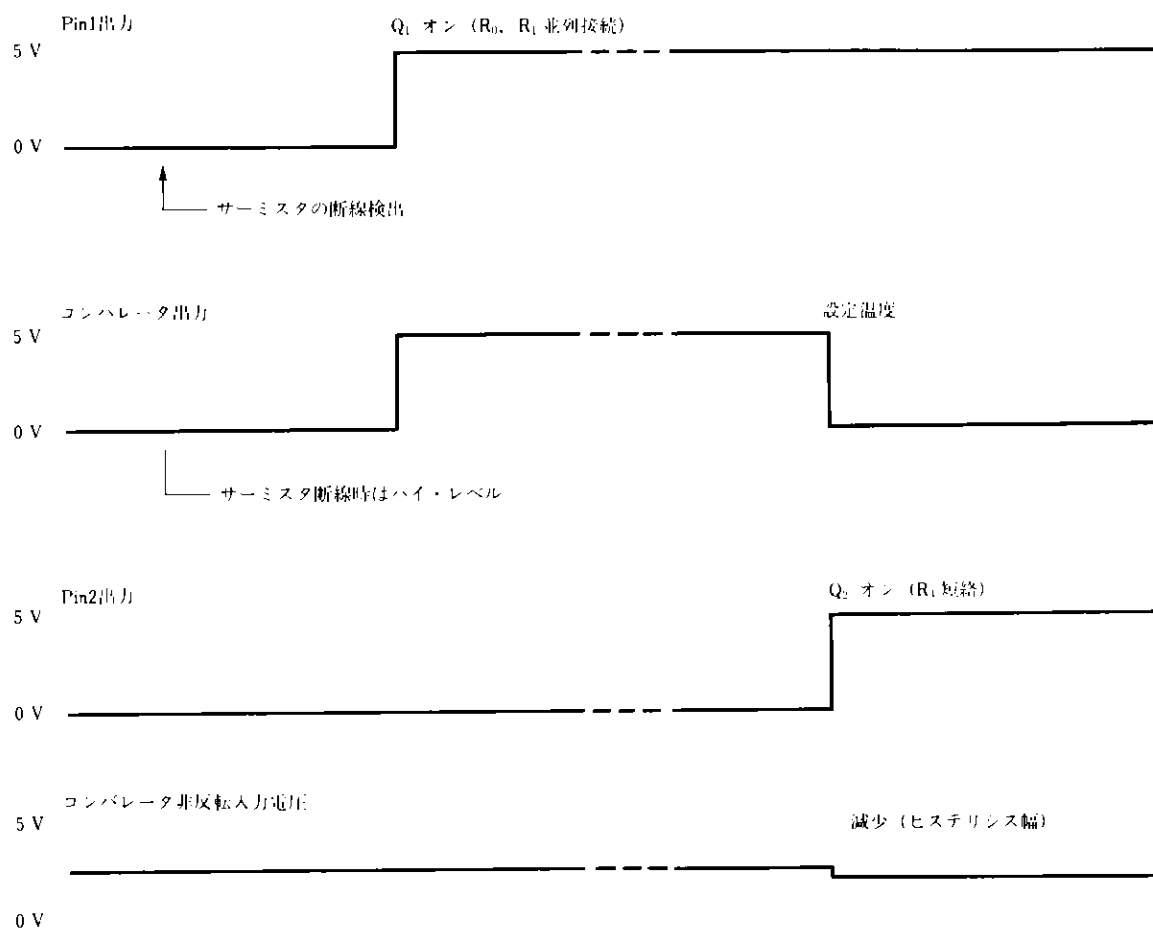


図18の回路は、2つの基準温度T1、T2を検出する例です。

それぞれのコンパレータの比較電圧を別に設定し、サーミスタの温度の検出値と比較します。検出結果を安定にするためにヒステリシス幅を設定する抵抗RH<sub>1</sub>、RH<sub>2</sub>を接続していますが用途によっては不要ですし、すでに紹介したようにマイコンからの出力でヒステリシスなどを設定することもできます。

図18 2つの設定温度を検出する回路

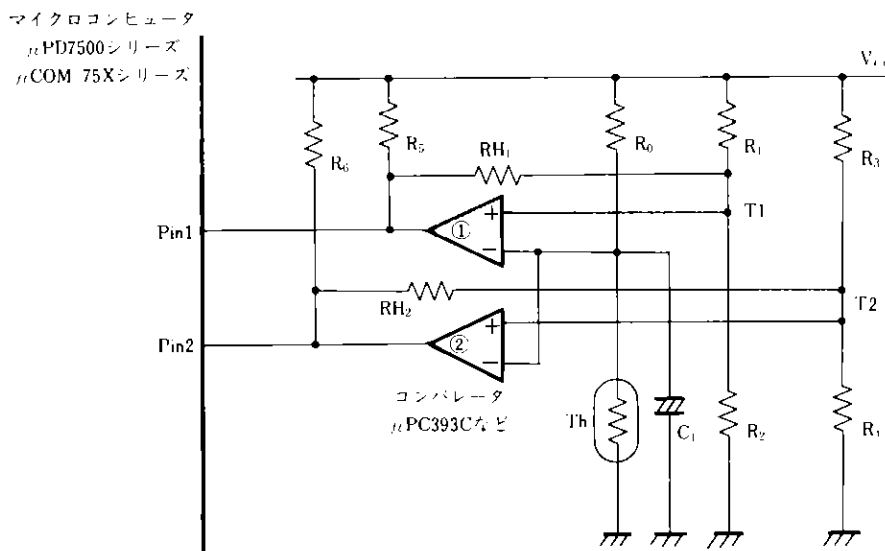
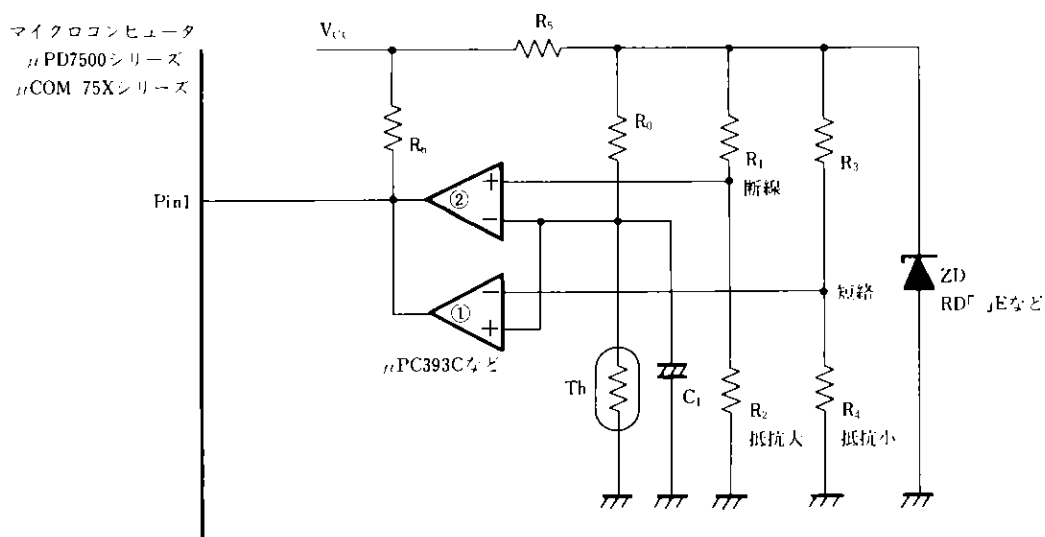


図19の回路は、サーミスタの断線・短絡を検出しロウ・レベルを出力する例です。コンパレータの種類によっては同相入力電圧範囲の関係で検出部の電圧をV<sub>CC</sub>よりも下げて使用することが必要で、図の定電圧ダイオードZDはそのために接続されています。

動作は、サーミスタ抵抗が設定値以上のとき、コンパレータ②の出力がロウになり、サーミスタの抵抗が設定値以下のときは、コンパレータ①の出力がロウになって、動作を停止します。

図19 サーミスタの断線・短絡を検出する回路



### 3. 内蔵A/Dコンバータを使用する温度制御回路例

#### 3.1 基本回路例

図20, 21は内蔵のA/Dコンバータを使用する場合の、基本的な接続例です。サーミスタにコンデンサを並列接続してノイズの影響などを軽減して利用しますが、電源投入直後はコンデンサの影響で分割点の電圧が安定してないので、検出動作は数100 ms以上経過してから行うようにします。図21は、 $V_{CC}$ をさらに安定化して $V_{REF}$ など検出部に使用している例です。

通常8ビット程度のA/Dコンバータが使用されますが、これは図22に示すサーミスタと抵抗の接続点電圧の温度特性と関係があります。図のように、低温側と高温側で特性曲線の傾きがゆるやかになっています。サーミスタの抵抗値が、直列に接続した抵抗と同程度のときは特性曲線の中央付近で検出温度幅は狭いのですが、両端では検出温度幅が広がって必要な精度で温度制御をすることが困難になります。

したがって、広い検出温度範囲が要求される場合は、8ビット以上のA/Dコンバータが必要なことがあり、逆に検出温度範囲が狭い場合(図の中央付近の温度範囲だけ)は、6ビットのA/Dコンバータでも利用できることがあります。

検出温度範囲が広い場合にはサーミスタを複数使用することもあります。ここでは直列抵抗を切り替える回路を紹介し、次に検出温度範囲が狭い場合にオペアンプを併用する回路を紹介します。

図20 A/D入力への接続例1

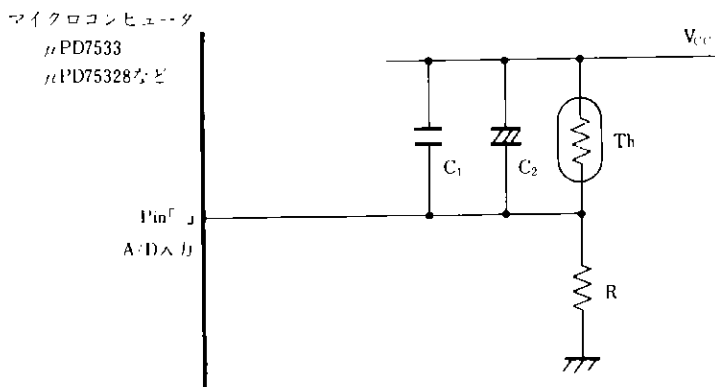


図21 A/D入力への接続例 2

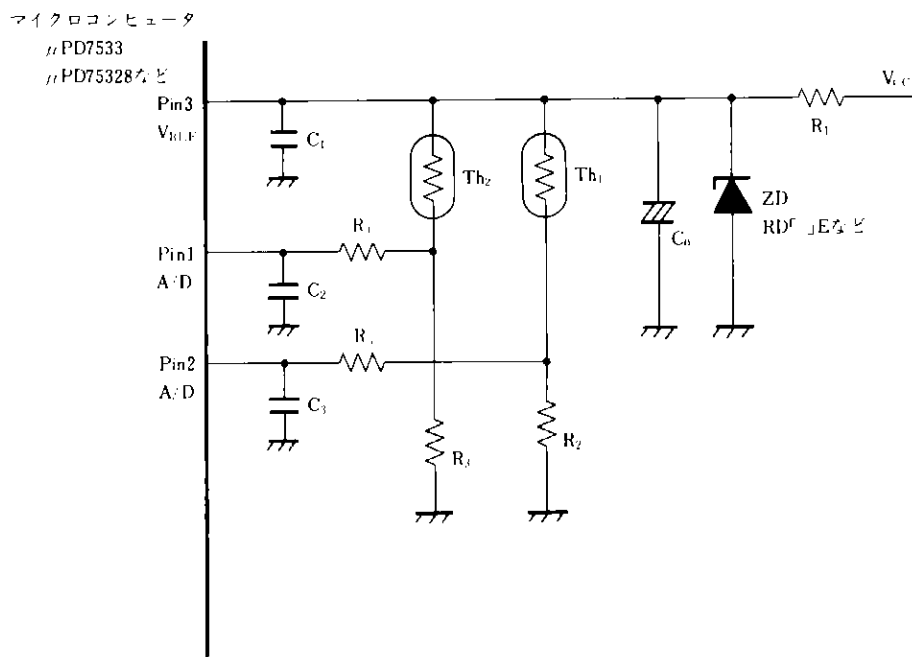
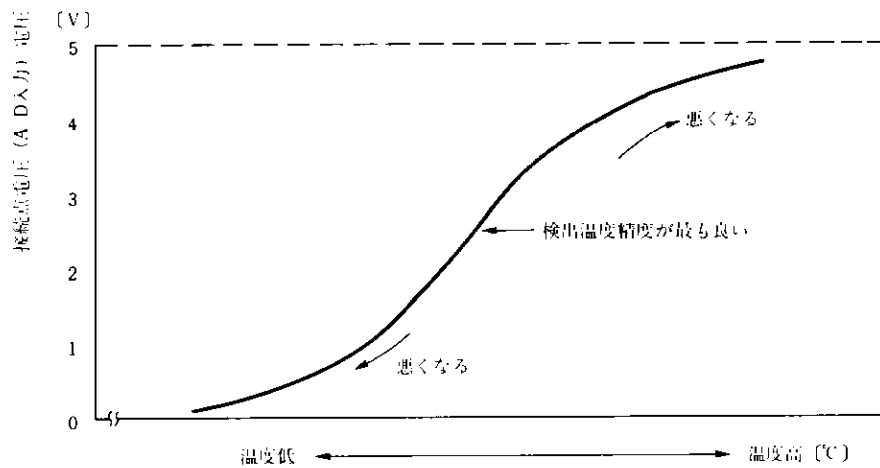


図22  $Th_1$ ,  $Th_2$ と  $R_2$ ,  $R_3$ の接続点電圧の温度特性



### 3.2 直列抵抗を切り替える回路例

図23は、数10℃から200℃を越える広い検出温度範囲を有し、サーミスタの断線検出と異常過熱の検出なども行う回路例です。また、動作を安定にするために、温度判定時に適当なヒステリシスも設定しています。

図24に、サーミスタと各直列抵抗の接続点電圧の温度特性( $V_{TC}$ を分割したマイコンのA/D入力電圧)を示します。直列抵抗は $R_1 > R_2 > R_3$ の関係の3種類で、図には、それぞれの組み合わせで得られた特性を示してあります。

$R_1$ は断線検出およびヒステリシス設定のための抵抗、 $R_2$ は常温付近から100数十℃程度までの温度制御用、 $R_3$ は100数十℃から200数十℃までの温度制御および異常過熱の検出用です。 $R_1$ を接続したPin1は通常はロウ・レベルで、動作開始時にサーミスタの断線検出を行います。

温度検出時は $R_2$ を接続したPin2がロウ・レベル、Pin1はオープンになり、常温から100数十℃を検出します。このとき設定温度を検出するとPin1がロウ・レベルになるようにプログラムして接続点の電位を下げ、ヒステリシスを与えることができます。

$R_3$ で温度検出を行っている場合も同様ですが、必要なヒステリシス幅の大きさによっては $R_2$ をヒステリシス設定に使用することもあります。また、 $R_3$ の抵抗値が小さく、マイコンの出力端子の電圧降下(オン抵抗)の影響が考えられるときは、図の破線のように出力端子電圧をA/Dコンバータで同時に検出して補償することもあります。

図25、26は、複数のサーミスタを使用する場合に、常温から高温まで幅広い検出温度範囲が必要な方のサーミスタの直列抵抗を外づけのトランジスタで切り替える例です。

図23 直列抵抗を切り替える回路例1

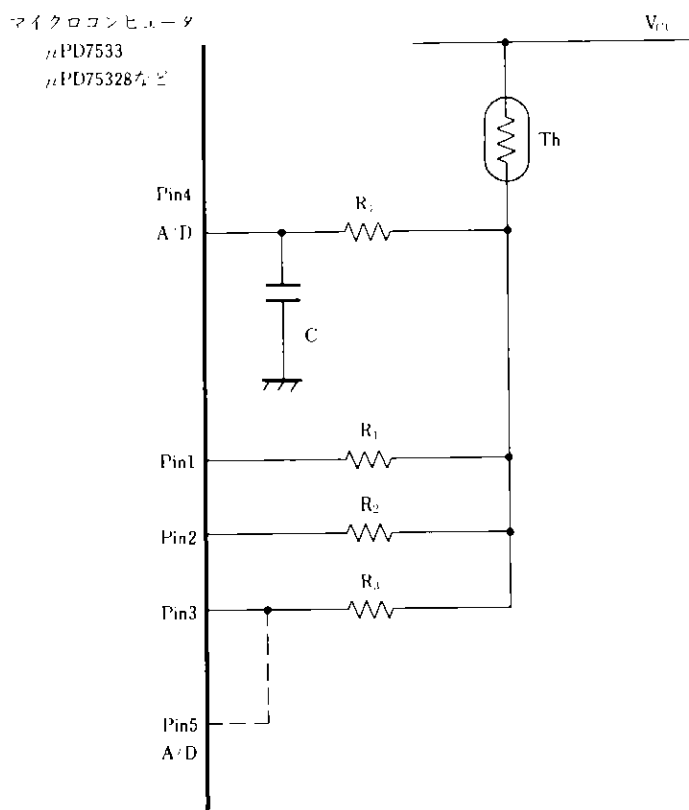


図24 Thと直列抵抗接続点電圧の温度特性

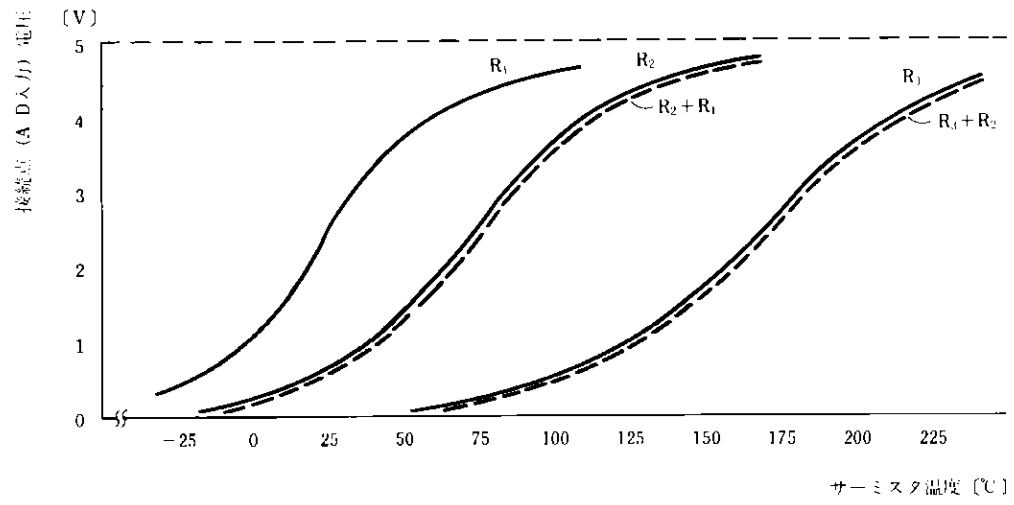




図25 直列抵抗を切り替える回路例 2

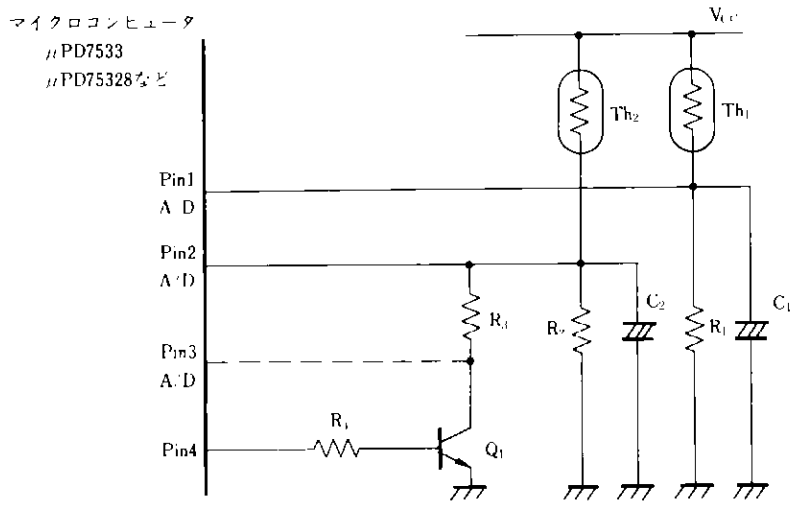
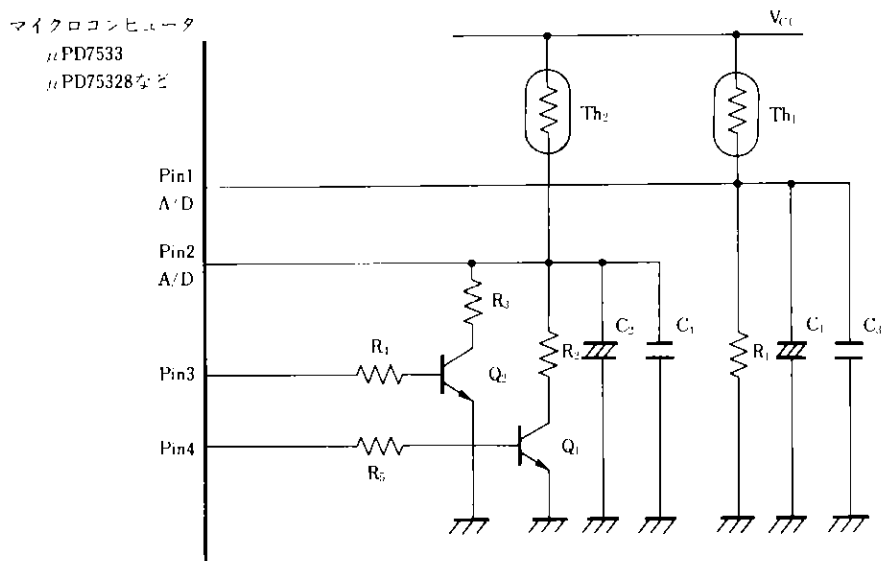


図26 直列抵抗を切り替える回路例 3



### 3.3 オペアンプを併用する回路例

図27は、温度検出回路にオペアンプを使用し、検出温度範囲を限定すると同時に温度変化に対する電圧変化を大きくし、A/Dコンバータにより検出可能な温度幅を狭くした回路例です。温度検出回路には2つのオペアンプを使用しており、一つを温度-電圧変換に、もう一つは、サーミスタの断線検出に使用します。

温度-電圧変換は、オペアンプ①による差動増幅回路で行われます。反転入力端子側の電圧を $V_1$ (抵抗 $R_5$ 、 $R_6$ で分割)、非反転入力端子側の電圧を $V_2$ (サーミスタと抵抗 $R_7$ で分割) オペアンプ周辺の抵抗をそれぞれ $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ とすると、その出力電圧 $V_{out}$ は次式で表されます。

$$V_{out} = R_2 \cdot (V_2 - V_1) / R_1$$
$$(R_1 = R_3, R_2 = R_4)$$

ただし、単電源動作ですから $V_2 < V_1$ のときは出力は零です。そして、反転入力端子側の電圧は $V_1$ なので、オペアンプ①は非反転入力端子側の電圧がそれよりも高くなるような、サーミスタ抵抗値以下(温度が $T_{ref}$ ℃以上)から初めて出力が現れます。

この様子を図28に示します。図には、オペアンプ②の非反転入力端子側の電圧変化 $V_2$ と出力電圧変化 $V_{out}$ の両方を示してあります。

このように、ある温度の幅における温度変化に対する出力電圧変化を大きく設定できるので、水の沸騰のように最終到達温度に上限がある場合の温度制御や、サーミスタに抵抗を並列接続して使用するような温度検出回路などに有効です。

水の沸騰検出の場合は、サーミスタの温度がある設定した値をこえ、しかも温度の上昇がなくなった(実際には、温度の検出値がある範囲に入って安定するか、温度上昇率が小さくなる)という状態で沸騰を検出します。

つまり、マイコンのA/Dコンバータに入力される温度-電圧変換回路のオペアンプ①の出力電圧が

- ①  $V_{ref}$  [V] (温度換算  $T_{ref}$ ℃) 以上になったという判定
- ② その後のある一定の時間、一定の範囲しか出力が変化しなかったという判定

の両立により沸騰を検出できます。このとき沸騰判定データを記憶すれば、それを基準にして保温や再加熱などを行うことができます。

温度-電圧変換回路によって、検出可能な温度幅がきまっているので、サーミスタの断線検出にも専用の回路を使用しています。

オペアンプ②はコンパレータとして動作し、その反転入力端子の電圧は抵抗 $R_8$ と $R_9$ で分割され、その電圧は $V_{comp}$ です。一方の非反転入力端子の電圧 $V_1$ は常温以上ではそれより十分高く、サーミスタの温度の低下(抵抗値の増加)と共に下がり、ある温度でその電圧が $V_{comp}$ よりも低くなります。通常の装置の使用環境ではありえないような低温度の時の非反転入力電圧 $V_1$ よりも $V_{comp}$ がやや大きくなるように $R_8$ 、 $R_9$ を設定します。

正常動作時は、オペアンプ②の出力はハイ・レベルなのでダイオード $D_1$ 、 $D_2$ は逆バイアスで、この回路は他に影響しません。断線あるいは、設定値より温度が低い状態になると、オペアンプ②の出力がロウ・レベルになりダイオード $D_1$ 、 $D_2$ を通じて各種の駆動回路の制御入力をロウ・レベルにして、その動作を無条件で停止します。

図27 オペアンプを併用する回路例

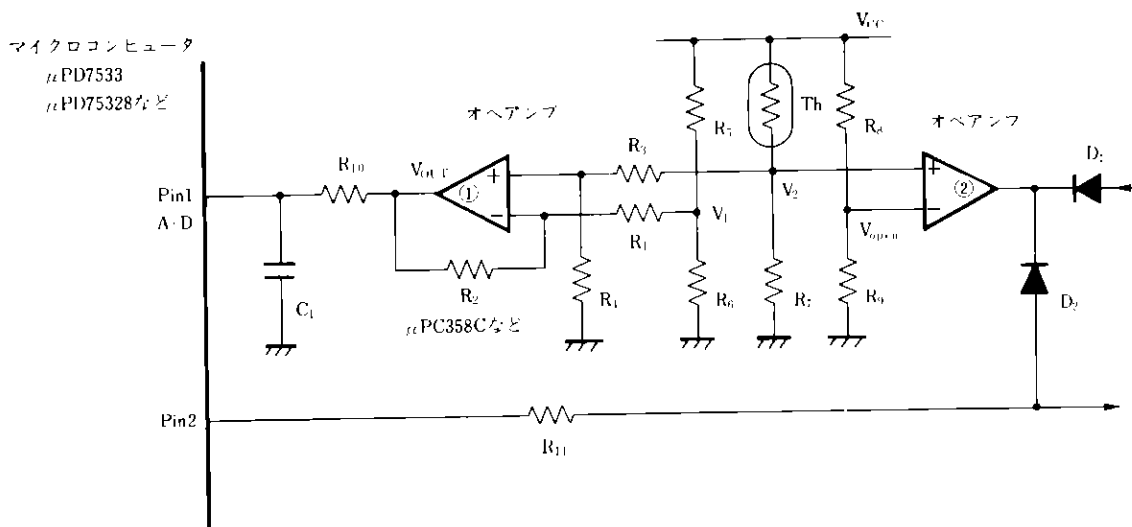
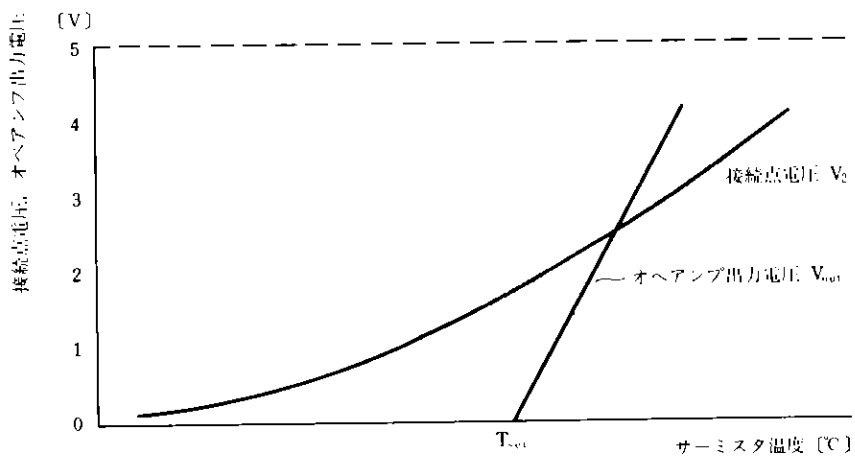


図28 オペアンプ入力電圧、出力電圧の温度特性



TEL: 03-456-6111

本資料に掲載の応用回路および回路定数は、例示的に示したものであり、量産設計を対象とするものではありません。

本製品のうち、外国為替および外国貿易管理法の規定により戦略物資等(または役務)に該当するものについては、日本国外に輸出する際に、同法に基づき日本国政府の輸出許可が必要です。

○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。  
○この製品を使用したことにより、第三者の工業所有権等にかかわる問題が発生した場合、当社製品の構造製法に直接かかわるもの以外につきましては、当社はその責を負いませんのでご了承ください。

## NEC 日本電気株式会社

本社	〒108 東京都港区五反田33番1号(日本電気本社ビル)	大 阪	〒06 348 1461
主 導 体 二 次 元 素 部	〒108 東京都港区五反田33番1号(日本電気本社ビル)	大 阪	〒06 348 1466
関 西 支 社 半 導 体 販 売 部	〒530 大阪府北区京橋1-1-2番6号(新大阪ビル)	大 阪	〒06 348 1461
中 部 支 社 電 子 デ バ イ ス 販 売 部	〒460 名古屋市中区栄2-15番32号(建栄ビル)	大 阪	〒052 262 3611

北 京 支 店	011 231 0161	沖 縄 支 店	0988 66 5611
福 北 支 店	022 261 5511	福 島 支 店	0425 26 0911
山 手 支 店	0196 51 4344	山 梨 支 店	0472 27 5441
山 崎 支 店	0249 23 5511	茨 城 支 店	0542 55 2211
山 崎 支 店	0246 21 5511	栃 木 支 店	0534 52 2711
山 崎 支 店	025 247 6101	神 奈 川 支 店	0762 23 1621
山 崎 支 店	0292 26 1717	神 奈 川 支 店	0764 31 8461
山 崎 支 店	0298 23 6161	神 奈 川 支 店	078 332 3311
山 崎 支 店	045 324 5511	神 奈 川 支 店	082 247 4111
山 崎 支 店	0273 26 1255	神 奈 川 支 店	0862 25 4455
山 崎 支 店	0276 46 4011	神 奈 川 支 店	0878 22 4141
山 崎 支 店	0286 21 2281	神 奈 川 支 店	0899 45 4111
山 崎 支 店	0262 35 1444	神 奈 川 支 店	092 271 7700
山 崎 支 店	0263 35 1666	神 奈 川 支 店	093 541 2887
山 崎 支 店	0266 53 5350		
山 崎 支 店	0552 24 4141		

(技術お問い合わせ先)

半導体応用技術本部	〒210 甲府県厚木市三丁目489番地(甲府技術センター)	甲 府	044 533 1111
半導体市場開発本部第一応用技術部	〒108 東京都港区五反田33番1号(日本電気本社ビル)	東 京	03 456 6111
半導体市場開発本部第二応用技術部	〒530 大阪府北区京橋1-1-2番6号(新大阪ビル)	大 阪	06 348 1477