

# 分散型温度検出による信頼性の向上

多くの電子機器は、損傷又は性能ロスを防ぐために熱状態を監視する温度センサを備えています。2箇所以上に発熱の可能性がある機器は、複数の分散型温度センサを必要とします。

図1は、熱が問題になりそうな場所を3箇所持つシャーシの概念図です。そのうちの2箇所はマイクロプロセッサ(μP)、DSP又はグラフィックコントローラ等、危険な発熱の可能性があるパワーレベルで動作する高速チップです。もう1つの発熱源はシャーシの後ろ側のヒートシンクに取り付けられた電源です。

個々の温度は、それぞれの場所に温度センサを配置することにより監視できます。いずれかの温度が安全な動作範囲を超えた場合には、機器の冷却ファンをターンオンするか、クロック速度を落とすか、あるいはシステム電源をディセーブルすることによって問題を回避できます。ファンが正しく動作していること、及び外部の空気が内部温度を安全範囲に維持するのに十分なだけ低温であることを確認するためには、4つ目のセンサを空気取り入れ口に取り付けて冷却ファンから入ってくる空気を監視します。

殆どの温度センサICはそれ自身のチップ温度を検出しますが、この温度はパッケージのリードの温度とほぼ同じです。こうしたICを熱い素子の近くに配置すると、熱源の温度が良好に表示されます。熱源の素子を取り付けられている基板よりも熱源そのものの方が熱くなっているため、測定温度は熱源よりもやや低くなります。

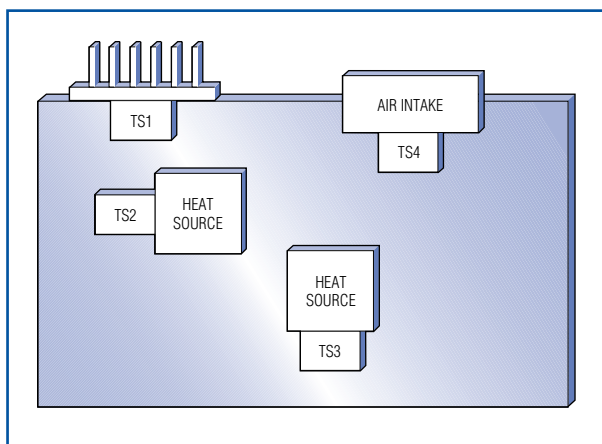


図1. この分散型検出システムはヒートシンク、基板上的2つのIC及び空気取り入れ口の温度を監視します。

この温度差を最小限に抑えるため、センサを熱源のできるだけ近くに取り付けて下さい。センサ及び熱源のグランドピンと(可能であれば)電源ピンをそれぞれまとめて接続して下さい。熱伝導をよくするため、銅の面積を十分にとって下さい。一部のセンサは、ボルトで他の物体に簡単に取り付けられるタブを備えています。こうしたパッケージは取付タブとチップの間に優れた熱経路ができるため、ヒートシンク又はシャーシの温度測定用に便利です。

## アナログ対デジタル伝送

温度センサを適正な場所に配置したら、今度はマイクロコントローラ(μC)等、その情報を使用する場所にセンサの温度情報を伝える必要があります。この情報伝達の方法は、そもそもなぜ温度を検出するかという目的によって決まります。各場所における温度をときどき知りたいだけであれば、アナログ温度センサ(IC又はサーミスタ/抵抗の組み合わせ)を取り付けて、出力電圧をアナログデジタルコンバータ(ADC)で定期的に測定する方法があります。このADCはスタンドアロン素子でも、μCに内蔵されているものでもかまいません。こうしたADCは一般的にマルチプレクサを備えています。もしなければマルチプレクサを追加する必要があります(図2)。

センサ信号ラインが長く、システムの電氣的ノイズが大きい場合は、比較的感度の高いセンサを使用するとノイズの混入を減らして精度を向上させることができます。ここに示したセンサICの出力感度は25mV/°Cです。この感度であれば、殆どのアプリケーションにおいて低分解能のADCを使用できます。温度範囲が広いアプリケーションの場合は、サーミスタよりもリニア温度センサ

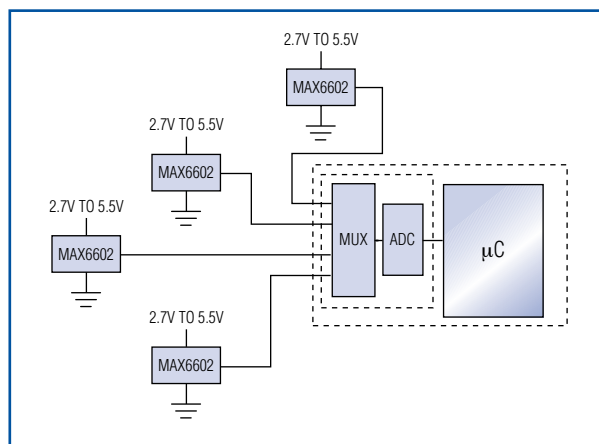


図2. このシンプルなアプローチは、ADCがμCに内蔵されており、マルチプレクサがシステム内の全てのセンサと通信するのに十分な数のアナログ入力チャネルを持っている場合に、低コストの分散型温度検出として使えます。

ICが好適です。これは、リニア温度センサICが全範囲にわたって一定した温度分解能を与えるためです。

μCに全てのシステムセンサとその他のアナログ信号を処理するために十分なアナログ入力数が備わっていない場合があります。そのような場合は、他の方法でμCに温度を伝えるセンサを考慮して下さい。

複数温度検出においてアナログ入力の数がない場合は、ADCと標準的なシリアルインタフェースを含むセンサを使用するのが簡便な方法です。例えば、MAX6625\*はI<sup>2</sup>C™/SMBus™コンパチブルの2線インタフェースを使用してμCと通信します。1つのピンをグランド、電源電圧、SDAピン又はSCLピンに接続することによって、センサのアドレスを4つの値のうちの1つに設定できます。1つの2線バスには最大4つのMAX6625を接続できます(図3)。

異なるアドレスを持つセンサを追加すると、さらに多くのデジタル温度センサを使用できます。例えば、4つのMAX6625に最大8つのMAX1617を追加することができます。MAX6625のシステム接続はデジタルであるため、センサが互いに遠く孤立していたり、大きな電気的ノイズを発生するシステムにおいてアナログ出力センサの優れた代替品となります。

\* MAX6625は開発中です。  
I<sup>2</sup>CはPhilips Corp.の商標です。  
SMBusはIntel Corp.の商標です。

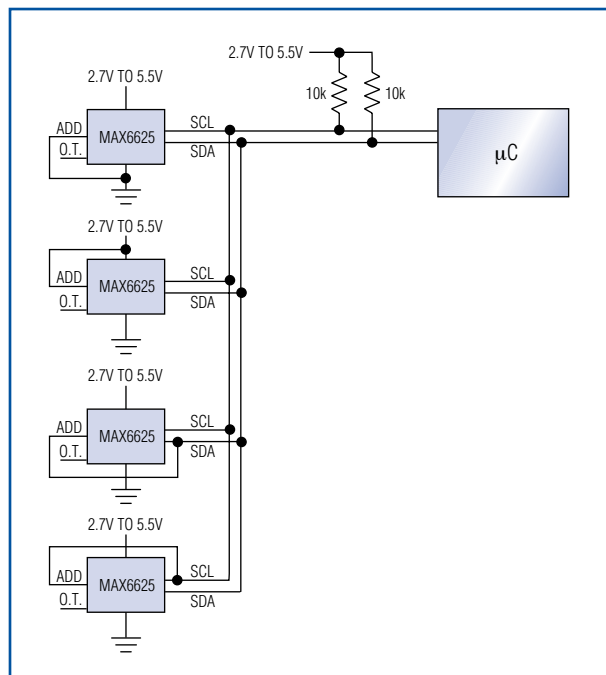


図3. 様々な場所にある最大4つのMAX6625が1つの2線バスを共有できます。これはADDピンで異なるアドレスを設定することによって可能になります。必要に応じて、さらに8つのMAX1617又はMAX1619を追加することにより、合計12個の熱監視箇所をバスに乗せることができます。

MAX6625は連続的に温度を測定し、8ビットプラス符号出力を133ms毎に更新します。ホストプロセッサは、2線バスを通じていつでも温度を読み取ることができます。温度がホストの設定したスレッシュホールドを超えると、MAX6625はオープンドレイン出力(O.T.端子)で割込みを発生することができます。このコンパレータ機能のヒステリシスを設定して、MAX6625が小さな温度変動を無視するようにすることもできます。ホスト側からの読取りを常に必要とせずに数箇所の熱状態を監視するには、いくつかのMAX6625の割込みラインをまとめて1つのトレースで共通のプルアップ抵抗に接続して下さい。MAX6625は超小型6ピンSOT23パッケージであるため、緊密にパックされた基板上でも熱源の近くに取り付けることが可能です。

標準シリアルインタフェースが複数のセンサからデータを伝送するための唯一の方法ではありません。例えば、MAX6575は、時間遅延が温度に比例するロジック出力を生成します。シンプルな時間遅延を使用した多重化方式により、最大8つのMAX6575を単一のμC I/Oピンに接続できます。

図4にこの技法が図示されています。単一のI/Oラインを通じて最大8つのMAX6575がμCに接続されています。μCは、このラインを最小1μsローに引き下げることによって温度を読み取ります。μCがI/Oラインをリリースした後、1つのMAX6575がラインをローに引き下げて、絶対温度に比例する期間(5μs/°K)だけローに保持した後でリリースします。μCによるハイからローへの遷移からいずれかのMAX6575による遷移までの時間間隔が絶対温度に比例し、5、20、40又は80μs/°K(MAX6575L)又は160、320、480又は640μs/°K(MAX6575H)にピン設定できるようになっています。μCの内部カウンタ/タイマを利用することにより、最大8つのセンサを様々な場所に配置して、それらを全て単一のI/Oラインで読取ることができます。この技法は、電気的ノイズによる遷移エッジのゆがみが長時間の遅延によってマスクされるために除去比が優れています。

アプリケーションによっては、複数のセンサをアドレス(MAX6625)又は時間遅延(MAX6575)によって区別する方法は役に立ちません。例えば、カードラックの場合は、バックプレーンのコネクタに何枚かの同じカードが差し込まれており、アドレスや時間遅延でそれらを区別することはできません。これは、どのカードも互いに交換可能でなければならないためです。

MAX6575は、いくつかの同様なセンサの出力を共有することにより、複数の交換可能なカードを監視できます。時間遅延出力を使用することにより、最高温度のカードと最低温度のカードの温度を測定できます(図5)。この回路は図4と同一ですが、全てのMAX6575Lが最小時間遅延(ピンTS0 = TS1 = GND)に設定されていることが

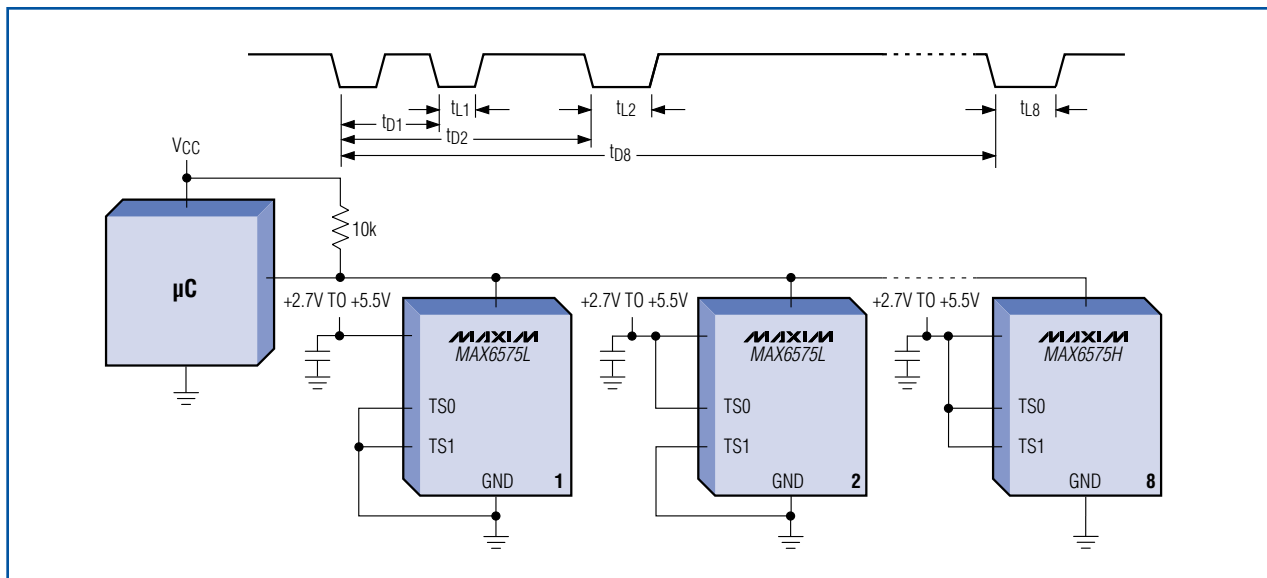


図4. MAX6575は時間遅延方式で温度情報をコード化することにより、最大8つの温度をμCの単一のデジタルI/Oピンに伝送できます。

唯一異なっています。このため、各MAX6575LがI/Oラインをローに引き下げるまでの遅延(T1)及びI/Oがローに保持される期間は、共に5Tμsになります(Tは絶対温度です)。

図4に示すように、いくつかのMAX6575Lがまとめて接続し、TS0及びTS1ピンをGNDに接続した場合、最も温度の低いセンサが最初にI/Oラインをローに引き下げます。この動作により、最も低温のMAX6575の温度に比例するT1値が生成されます。最も温度の高いMAX6575は最後(T2のとき)にI/Oをリリースします。これは開始パルスの立下がりエッジの10Tμs後です。T1とT2を測定することにより、μCは最も熱いカードと最も冷たいカードの温度を計算できます。

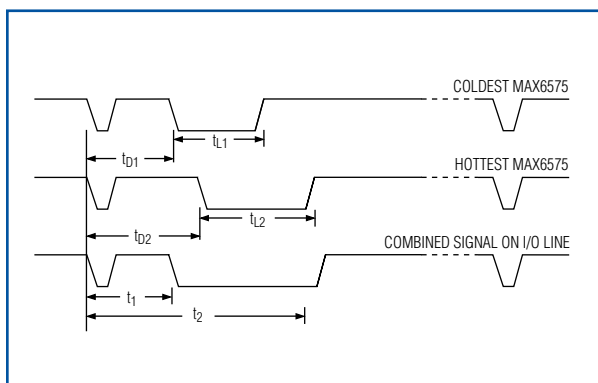


図5. 交換可能なカードの温度を測定するために同一の時間遅延に設定された場合でも、単一のI/Oラインに接続された複数のMAX6575はシステム内の最も熱いカードの温度と最も冷たいカードの温度を表示することができます。

## スレッシュホールドの違反を監視する サーマルスイッチ

(例えばファンをオンにするために)カード自身がスレッシュホールドを超えたということだけを知りたい場合には、MAX6501ファミリがシンプルな解決法を提供します。MAX6501サーマルスイッチは、出荷時に設定されたスレッシュホールドを持つ温度コンパレータです。スレッシュホールドは-45 ~ +115 まで10 きざみに用意されています。チップ温度が予め設定されたスレッシュホールドを超えると、オープンドレイン出力がアクティブになります。

例えばカードラックの場合、各カードが1つ以上のMAX6501を備えており、全てのMAX6501の出力が共通の出力ラインに接続されます。いずれかのカードがそれ自身の温度リミットを超えると、出力ラインがローに引き下げられ、ファンやその他のカード冷却手段が始動されます(図6)。オープンドレイン出力はまとめて接続されているため、どれか1枚のカードがそれ自身のトリップ温度を超えると「高温」信号が発生します。この構成を使用すると、1枚の基板上における数箇所の温度を監視することもできます。MAX6501は基板取付アプリケーション用に5ピンSOT23パッケージで、そしてヒートシンク又はシャーシへの直接取付用に7ピンTO-220パッケージで提供されています。

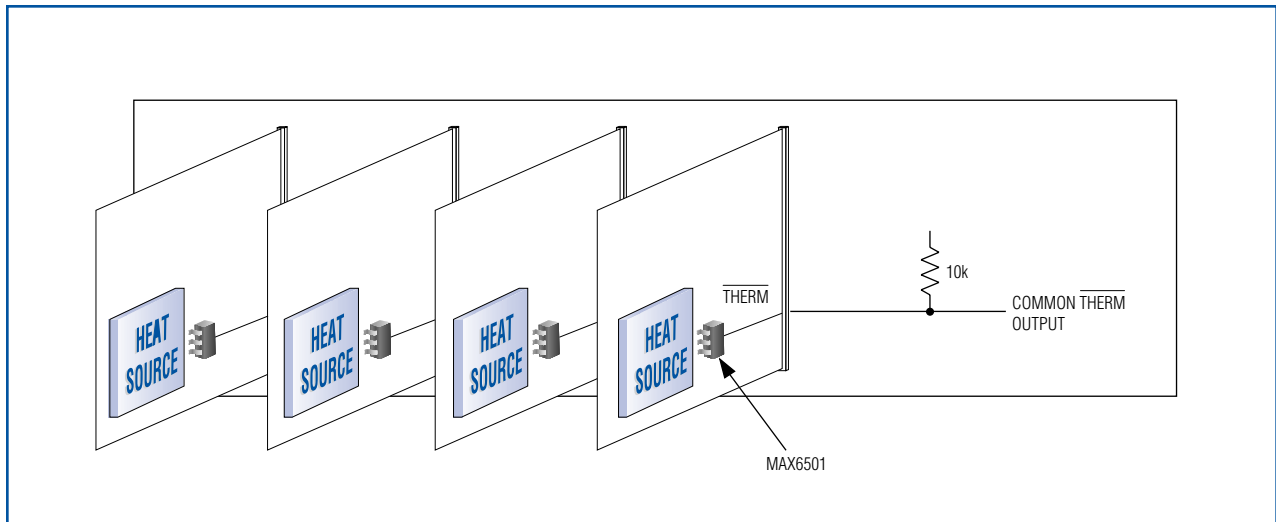


図6. 独立したアドレスを指定することが実用的でない場合(例えばこのシステムのように相互に交換可能なカードを備えている場合)、MAX6501のような熱コンパレータを使用すると複数の温度を監視できます。共通THERMノードがローになったときは、少なくとも1枚のカードがそれ自身のスレッショルド温度を超えたことを意味します。

## リモートジャンクションセンサによる設計の単純化

これまで説明してきたセンサは、センサ自身の温度を測定します。これに対して、リモートPNジャンクションの温度を測定するタイプのセンサもあります。リモートPNジャンクションとしては、ディスクリートのトランジスタ又は高速 $\mu\text{P}$ 等のハイパワーICの一部が考えられます。この構成は、異常な条件下(例えば空気通路の閉塞)でのみ熱の問題を生じうるICの温度を直接測定することが可能です。リモートジャンクション温度センサ(MAX1617/MAX1618/MAX1619)は、数多くのシステムにおいてこの目的のために使用されています。これらの素子は、検出ジャンクションに2つの異なるレベルの電流を強制的に流し、それぞれの場合の電圧を測定することによって動作します。2つの電流によって生じる順方向電圧の差は絶対温度に比例します。

いくつかの高速、大電力チップ(例えば複数のプロセッサ)を使用するシステムにおいては、複数のリモートジャンクションセンサを使用する代わりに、複数のリモートジャンクションを測定する単一のチップを使用できます(図7)。図7の単一のIC(MAX1668)は、4つの外部ジャンクション(2つの $\mu\text{P}$ 、高性能グラフィックコントローラ及び近くのもう1つの発熱ICの温度を検出するためのディスクリートのnpnトランジスタ)の温度を測定します。MAX1668は、これら4つのリモートジャンクション

他にそれ自身の温度を測定して、ローカルのプリント基板上的の状態を表示します。

MAX1668は複数の温度を単一ICで監視できるため、さらに効率的な設計も可能です。複数の個別のセンサチップとは異なり、本素子は1つのアドレスに存在しているため、マスターコントローラは複数温度の読取りや障害の場所の識別を容易に行うことができます。必要なアナログ信号調節回路を複数の測定チャンネルが共有するため、システムのコスト及びサイズを削減できます。MAX1668は、殆どのリモートジャンクションセンサと同様に16ピンQSOPパッケージで提供されています。

システム設計者にとって気になるのは、リモートジャンクションセンサと対象となるジャンクションの間の最大許容距離です。これには多くの要因がからむため、1つの数字で回答を出すことはできません。電気的に静かな環境においては、直列抵抗が1~2以下であればリモートジャンクションをセンサからかなり遠く(最大1m)まで離すことができます。EMIが増すにつれ、このトレースの長さを短くする必要があります。殆どのリモートジャンクションセンサは良好なノイズ除去比を持っていますが、トレースで拾われるノイズが検出ジャンクションの順方向電圧に影響するほど大きい場合には、測定された温度に誤差が生じます。高速システムにおいては、トレースの長さを数cmに留めるのが安全です。

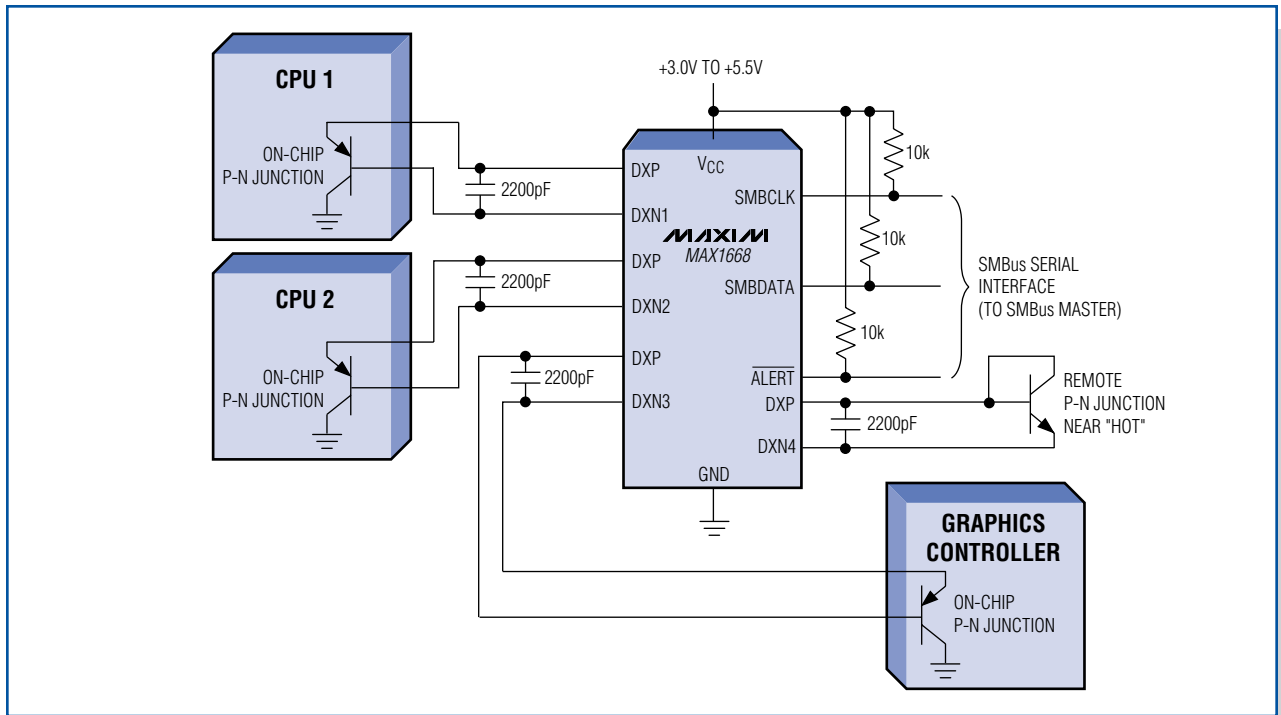


図7. このマルチジャンクションセンサは、それ自身のチップ温度の他に4つの外部P-Nジャンクションの温度を測定します。